



Francisco Sá e Silva de Magalhães Santos

Licenciado em Ciências da Engenharia Química e Bioquímica

**Optimização da Unidade de
Desidratação de Lamas da Estação de
Tratamento de Águas Residuais da
UNICER - Santarém**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Química e Bioquímica

Orientador: Prof. Doutor Pedro Miguel Calado Simões
Professor Auxiliar, DQ-FCT-UNL

Co-orientador: Eng. Orlando José Neves Nunes
Gestor do Serviço Energia e Fluidos, Unicer - Santarém

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Mário Fernando José Eusébio

Arguente: Eng. Pedro Manuel Araújo Silva

Vogais: Prof. Doutor Pedro Miguel Calado Simões

Eng. Orlando José Neves Nunes



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Outubro de 2011

Optimização da Unidade de Desidratação de Lamas da Estação de Tratamento de Águas Residuais da Unicer – Santarém

Copyright © Francisco Sá e Silva de Magalhães Santos FCT/UNL, UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me ajudaram e apoiaram no trabalho desenvolvido entre elas:

Por parte da Faculdade de Ciências e Tecnologia:

O Professor Doutor José Paulo Mota, por ter possibilitado a realização deste estágio numa unidade fabril.

O Professor Doutor Pedro Miguel Simões por ter aceitado ser o meu orientador, bem como por toda a ajuda na elaboração da tese.

Por parte da UNICER – Bebidas S.A.

Ao Engenheiro João Fonseca por ter possibilitado a realização do estágio na UNICER, bem como por ter sugerido o tema e me ter dado todas as condições para a realização do mesmo.

Ao Engenheiro Orlando Nunes como responsável pela supervisão do estágio, gostaria de agradecer, todo o apoio, orientação e disponibilidade que me deu ao longo de todo o estágio.

O Engenheiro Alcides Gonçalves, pela total disponibilidade que demonstrou sempre que tive algum problema.

O Engenheiro Pedro Silva pela ajuda que me deu na realização deste trabalho, principalmente por todos os documentos que facultou.

A todas os restantes funcionários da UNICER que me ajudaram, bem como pela maneira como me acolheram.

Por parte da LUSAGUA

A Engenheira Fernanda Almeida, Ao Engenheiro Paulo Resende e Ao Engenheiro Ângelo, por toda ajuda prestada ao longo do estágio.

Aos Operadores Sr. Marcelino, Sr Monteiro e Sr. Raul pela colaboração prestada.

À minha família e amigos pela ajuda e compreensão...

Mais uma vez a todos os que me ajudaram e me apoiaram ao longo deste percurso um Muito Obrigado!

Resumo

Este trabalho teve como objectivo a optimização da ETARI na unidade fabril de Santarém da UNICER - bebidas S.A, com especial enfoque da instalação de desidratação de lamas, uma vez que esta foi remodelada em 2009 e desde aí que ainda não estava a ser operada conforme os dados de projecto.

Com este trabalho pretendeu-se atingir os objectivos para o qual a instalação estava projectada, bem como tentar reduzir os consumos energéticos e de reagentes, mediante todas as alterações e modos de funcionamento que fossem necessários.

Este trabalho foi dividido em três fases:

1. Uma primeira fase de observação sobre modo de funcionamento que vinha sendo habitual, para se detectarem falhas e problemas que a instalação apresentasse;
2. Uma segunda fase de alterações às falhas que foram detectadas na observação;
3. Por último, os ensaios para se achar qual seria o melhor funcionamento da instalação de desidratação.

Concluiu-se que a melhor forma de operar esta IDL é com a utilização de um espessador e de duas centrífugas. Pretende-se espessar uma lama com uma concentração de apenas 3-3,5%, para que as centrífugas possam operar com cargas baixas.

Foram ainda verificadas limitações no sistema de drenagem que apenas podem ser resolvidos com uma segunda alteração já no exterior da IDL.

Existe também o problema da oscilação na concentração da lama estabilizada que apenas pode ser solucionado com a construção de um tanque com capacidade suficiente que permita encher-se um tegão sem que haja reposição de lama dentro do tanque.

Palavras-chave: desidratação lamas biológicas, centrífugas, decantadores mecânicos.

Abstract

The aim of this work was the optimization of the Wastewater treatment plant of the UNICER Company, particularly the sludge dewatering plant, which was modified in 2009 and, since then, wasn't operating as planned.

During this work we tried to operate with the plan values, and also to reduce the energy and reagent consumption.

This work was divided in three steps:

1. Observation of the regular operation to detect some failures
2. Change the failures that were observed
3. Performance of tests to find the best way to operate the sludge dewatering plant

The best way to operate this plant is with one thickeners system and two centrifuges. The target of sludge concentration to use in the centrifuges is 3-3,5% to allow the centrifuges to operate at low load conditions.

It was verified that the sludge dewatering plant had some limitations on the drainage system. This problem can only be resolved with some modifications outside of the sludge dewatering building.

Also, this plant has a problem with the sludge concentration that is used in the dewatering plant. The concentration of this sludge is not the same during all process, and the only way to solve this problem is to build a tank with a capacity that would allow to fill a grain tank with no restitution of sludge inside the tank

Keywords: Biological sludge dewatering, centrifuges, mechanical thickeners system

Acrónimos

AR – Águas residuais

ETARI – Estação de tratamento de águas residuais industriais

IDL – Instalação de desidratação de Lamas

MS – Matéria seca

PD – Processo de desidratação

PE – Polielectrólito

Q_L – Caudal de lama

Q_{PE} – Caudal de PE

TPPE – Tanque de Preparação de PE

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Acrónimos	v
Índice de Figuras	4
Índice de tabelas	6
1 Introdução	7
1.1 Lamas.....	7
1.1.1 Tratamento Secundário.....	8
1.2 Processo de desidratação.....	9
1.2.1 Espessamento	10
1.2.2 Desidratação.....	13
1.3 Coagulação & floculação	17
1.3.1 Coagulação	17
1.3.2 Floculação.....	18
1.3.3 Polímero	18
2 Instalação	21
2.1 Unidade de preparação de PE.....	21
2.2 Unidade de espessamento	26
2.2.1 Espessador mecânico	26
2.3 Unidade de desidratação	27
2.3.1 Centrifugas	28
2.4 Unidades de armazenagem.....	28
2.4.1 Armazenagem do polímero.....	28
2.4.2 Armazenagem das lamas estabilizadas	29
2.4.3 Armazenagem das lamas espessadas	31
2.4.4 Armazenagem das lamas desidratadas	32
3 Desenvolvimento do trabalho.....	33
3.1 Observação.....	33
3.1.1 Problemas mecânicos.....	33
3.1.2 Problemas com a água utilizada na IDL.....	34
3.1.3 Problemas de drenagens.....	35

3.1.4	Problemas de operacionalidade.....	37
3.1.5	Problemas na alimentação de PE ao espessador	37
3.1.6	Problemas na preparação de PE	39
3.2	Alterações.....	39
3.2.1	Resolução dos problemas mecânicos	39
3.2.2	Resolução dos problemas com a água utilizada na IDL.....	40
3.2.3	Resolução dos problemas de drenagem	42
3.2.4	Resolução dos problemas de operacionalidade	43
3.2.5	Resolução dos problemas de alimentação ao espessador.....	43
3.2.6	Resolução do problema de preparação de PE	44
3.3	Ensaios.....	45
3.3.1	Variáveis manipuláveis.....	45
3.3.2	Metodologia dos ensaios	47
3.3.3	Métodos das análises das amostras.....	48
3.3.4	Método de cálculo.....	48
3.3.5	Resultados dos ensaios	52
3.3.6	Discrição e discussão dos resultados	54
4	Conclusões	73
	Bibliografia	79
	Anexos.....	80
	Anexo I – Ficha de segurança do ZETAG 7878FS40.....	80
	Anexo II – Diagrama de Engenharia da Unidade de Desidratação de Lamas da ETARI – Antes da alteração.....	85
	Anexo III – Balanço de massa do funcionamento da IDL	86
	Anexo IV – Edifício de desidratação da ETAR Piso 0 – Antes da alteração	87
	Anexo V – Edifício de desidratação da ETAR Piso 0 – Depois da alteração.....	88
	Anexo VI – Diagrama de Engenharia da Unidade de Desidratação de Lamas da ETARI – Depois da alteração.....	89
	Anexo VII – Ensaio 1	90
	Anexo VIII – Ensaio 2	91
	Anexo IX – Ensaio 3	92
	Anexo X – Ensaio 4	93
	Anexo XI – Ensaio 5	94
	Anexo XII – Ensaio 6	95
	Anexo XIII – Ensaio 7	96

Anexo XIV – Ensaio 8	97
Anexo XV – Ensaio 9	98
Anexo XVI – Ensaio 10	99
Anexo XVII – Ensaio 11	100
Anexo XVIII – Ensaio 12	101
Anexo XIX – Ensaio 13	102
Anexo XX – Ensaio 14	103
Anexo XXI – Ensaio 15	104
Anexo XXII – Ensaio 16	105
Anexo XXIII – Ensaio 17	106
Anexo XXIV – Ensaio 18	107

Índice de Figuras

Figura 1-1 Esquema de uma linha de tratamento convencional de AR.....	7
Figura 1-2 Desenho esquemático da ETARI (3)	9
Figura 1-3 Distribuição da água da lama (7).....	10
Figura 1-4 Distribuição do tamanho de sólidos numa lama (5)	12
Figura 1-5 Esquema do funcionamento de uma centrífuga em co-corrente (9)	14
Figura 1-6 Esquema de uma centrífuga de operação em contracorrente (5).....	15
Figura 1-7 Esquema de resumo do processo de desidratação	17
Figura 1-9 Partículas sem cargas colidindo e agregando-se (11)	18
Figura 1-10 Mecanismos de pontes de floculação com polímeros (11)	18
Figura 1-8 Partículas carregadas repelindo-se (11).....	18
Figura 1-11 Representação esquemática da floculação (13)	19
Figura 2-1 Esquema da Unidade de desidratação de Lemas da ETARI - Centro de produção de Santarém	21
Figura 2-2 Unidade de preparação de PE para espessamento	22
Figura 2-3 Bomba doseadora	23
Figura 2-4 Válvula de pressão, válvula de espera e contador de água	23
Figura 2-5 Esquema da unidade de preparação de PE para espessamento	23
Figura 2-7 Agitadores	24
Figura 2-8 Moinho de PE sólido	24
Figura 2-9 Bomba doseadora	24
Figura 2-10 Caudalímetro, electroválvula e válvula de esfera	24
Figura 2-6 Unidade de preparação de PE para desidratação.....	24
Figura 2-11 Esquema da unidade de preparação de PE para desidratação.....	25
Figura 2-12 Esquema da unidade de espessamento.....	26
Figura 2-13 Espessador mecânico <i>AlfaLaval – Aldrum</i> (14)	26
Figura 2-14 Esquema da unidade de desidratação	27
Figura 2-15 Centrífugas <i>Alfa Laval - Aldec 30</i>	28
Figura 2-16 Unidade de retenção onde está armazenado o PE.....	29
Figura 2-17 Tanque de lamas estabilizadas.....	29
Figura 2-18 Filtro de lamas estabilizadas	30
Figura 2-19 Tanque de lamas espessadas	31
Figura 2-20 Esquema do tanque de lamas espessadas.....	31
Figura 2-21 Galera de armazenagem da lama desidratada	32
Figura 2-22 Sistema de controlo do enchimento da galera	32
Figura 3-1 Sistema de bombagem de lama espessada	34
Figura 3-2 Esquema do sistema de água recuperada	35
Figura 3-3 Esquema do sistema de drenagem da IDL antes da alteração	36
Figura 3-4 Esquema representativo do problema na alimentação de PE ao espessador.....	38
Figura 3-5 Filtro <i>AMIAD</i> (16)	40
Figura 3-6 Instalação do filtro <i>AMIAD</i>	41
Figura 3-7 Torneira de água recuperada não filtrada	41
Figura 3-8 Torneira de água da rede	41
Figura 3-9 Esquema do sistema de drenagem da IDL depois da alteração	42

Figura 3-10 Esquema da alteração de alimentação de PE ao espessador	44
Figura 3-11 Alteração à conduta de alimentação de PE ao espessador	44
Figura 3-12 Esquema do ângulo do espessador.....	46
Figura 3-13 Consumo teórico de PE no espessador durante o ensaio 1.....	55
Figura 3-14 Consumo teórico de PE no espessador durante o ensaio 1.....	55
Figura 3-15 Cargas teóricas dos equipamentos durante o Ensaio 1	56
Figura 3-16 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 2.....	57
Figura 3-17 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 2.....	57
Figura 3-18 Cargas teóricas dos equipamentos durante o Ensaio 2	58
Figura 3-19 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 3.....	59
Figura 3-20 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 3.....	59
Figura 3-21 Variação do torque na centrífuga em relação à %MS durante o Ensaio 3	60
Figura 3-22 Carga teórica dos equipamentos durante o Ensaio 3	60
Figura 3-23 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 4.....	61
Figura 3-24 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 4.....	61
Figura 3-25 Variação do torque na centrífuga em relação à %MS durante o Ensaio 4	62
Figura 3-26 Cargas teóricas dos equipamentos durante o Ensaio 4	62
Figura 3-27 Consumo de PE teórico no espessador durante o Ensaio 5.....	63
Figura 3-28 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 5.....	64
Figura 3-29 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 6.....	65
Figura 3-30 Comparações das dosagens teóricas utilizadas no espessador durante os Ensaio 5 e 6.....	65
Figura 3-31 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 6.....	66
Figura 3-32 Consumo teórico de PE no espessador durante os Ensaio 7 a 9	67
Figura 3-33 Consumo teórico de PE na centrífuga durante os Ensaios 7 a 9.....	67
Figura 3-34 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 10.....	69
Figura 3-35 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 10.....	69
Figura 3-36 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 11.....	70
Figura 3-37 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 11.....	70
Figura 3-38 Consumo teórico de PE no espessador durante os Ensaios 12 a 18.....	71
Figura 3-39 Consumo teórico de PE na centrífuga durante os Ensaios 12 a 18.....	72
Figura 3-40 Carga das centrífugas Vs. Desvio no consumo de PE em relação ao valor proposto durante os Ensaio 12 a 18	72
Figura 4-1 Redução na tubagem na entrada da alimentação de lama da centrífuga	74
Figura 4-2 Resumo dos custos totais por tonelada de MS durante os ensaios	77

Índice de tabelas

Tabela 1-1 Níveis de tratamento de AR na UNICER	7
Tabela 3-1 Dados propostos pela <i>Alfa Laval</i>	52
Tabela 3-2 Resumo dos resultados obtidos nos ensaios	53
Tabela 3-3 Resumo dos resultados durante os Ensaios 7 a 9	68
Tabela 4-1 Dados de funcionamento da centrífuga propostos pela <i>ALFA LAVAL</i> p.....	74
Tabela 4-2 Custo das despesas durante a desidratação	75
Tabela 4-3 Resumo dos custos durante os ensaios.....	76
Tabela 4-4 Dados do Ensaio 1	90
Tabela 4-5 Dados do Ensaio 2	91
Tabela 4-6 Dados do Ensaio 3	92
Tabela 4-7 Dados do Ensaio 4	93
Tabela 4-8 dados do Ensaio 5.....	94
Tabela 4-9 Dados do Ensaio 6	95
Tabela 4-10 Dados do Ensaio 7	96
Tabela 4-11 Dados do Ensaio 8	97
Tabela 4-12 Dados do Ensaio 9	98
Tabela 4-13 Dados do Ensaio 10	99
Tabela 4-14 Dados do Ensaio 11	100
Tabela 4-15 Dados do Ensaio 12	101
Tabela 4-16 Dados do Ensaio 13	102
Tabela 4-17 Dados do Ensaio 14	103
Tabela 4-18 Dados do Ensaio 15	104
Tabela 4-19 Dados do Ensaio 16	105
Tabela 4-20 Dados do Ensaio 17	106
Tabela 4-21 Dados do Ensaio 18	107

1 Introdução

1.1 Lamas

As substâncias presentes nas AR são removidas por métodos físicos, químicos e biológicos, que normalmente são designados por operações unitárias. Actualmente essas operações e os processos que as envolvem, são combinados de várias formas, fazendo com que haja os níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário. O nível de tratamento é proporcional à qualidade que se pretende no efluente final. (1)



Figura 1-1 Esquema de uma linha de tratamento convencional de AR

Na ETARI da UNICER- Santarém, os níveis de tratamento que existem correspondem a:

Tabela 1-1 Níveis de tratamento de AR na UNICER

Nível de tratamento	Descrição	Operações e Processos
Preliminar	Remoção de sólidos grosseiros, para que não danifiquem os equipamentos a jusante.	<ul style="list-style-type: none">• Gradagem Manual• Tamisação
Primário	Homogeneização e neutralização	<ul style="list-style-type: none">• Neutralização com CO₂, através de tubagem microperfurada• Homogeneização mecânica
Secundário	Remoção da maioria da matéria orgânica por processos químicos e biológicos.	<ul style="list-style-type: none">• Sistema de lamas activadas• Digestão aeróbia• Decantação

O tratamento terciário corresponde a um melhoramento do efluente final, que poderia ser a utilização de UV, ou cloração para desinfectar o efluente final. Contudo a ETARI do centro de produção de Santarém não tem essa etapa.

Uma vez que este trabalho se foca apenas nas lamas, apenas vai ser referida uma breve introdução ao tratamento secundário, visto as lamas serem provenientes desta etapa.

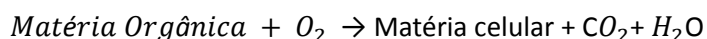
1.1.1 Tratamento Secundário

Trata-se de um processo de biomassa suspensa, denominado de lamas activadas, que ocorre num rector aeróbio. O processo de lamas activadas consiste numa cultura microbiológica constituída por micro e macro-organismos que metabolizam substâncias inorgânicas e orgânicas do efluente, transformando-as em formas ambientalmente aceites (2).

Para garantir as condições aeróbias é necessário arejar o tanque através de arejadores mecânicos, o que representa cerca de 70% dos custos energéticos da ETAR. Este arejamento tem 3 funções: síntese de novas células, respiração endógena e homogeneização do rector.

Durante o processo, a população microbiológica dentro do tanque cresce e a acumulação de sólidos não biodegradáveis resulta num aumento de lamas activadas (3).

O primeiro passo da digestão aeróbia, oxidação directa da matéria biodegradável, pode ser descrito pela equação:



1-1 Oxidação directa da matéria celular

Quando o substrato dentro do tanque é completamente oxidado pela população microbiológica, os microrganismos começam a consumir o seu próprio protoplasma para obterem energia para a manutenção celular. A este fenómeno de obtenção de energia chama-se respiração endógena

A formula para a massa celular dos microrganismos é $C_5H_7O_2N$ e o segundo passo da respiração endógena, por ser descrito por:



1-2 Respiração endógena

Algumas bactérias (autotróficas), alimentam-se também a partir da matéria orgânica azotada, produzindo nitratos (NO_3^-) em condições aeróbias. A este fenómeno dá-se o nome de nitrificação, contudo, apesar de a ETAR estar preparada para isto, não se verifica nitrificação, visto as quantidades de matéria orgânica azotada serem baixas (4).

A parte final deste processo é a decantação, através de um decantador gravítico, onde ocorre a separação da biomassa e da água, sendo esta o efluente final já tratado.

Para manter a concentração de biomassa no rector recorre-se à recirculação das lamas biológicas, provenientes do decantador. Parte desta recirculação é misturada com o efluente

primário (neutralizado), e vai novamente para o tanque biológico, a outra parte é desidratada, e terão como fim, valorização agrícola, incineração, compostagem, etc. (5)

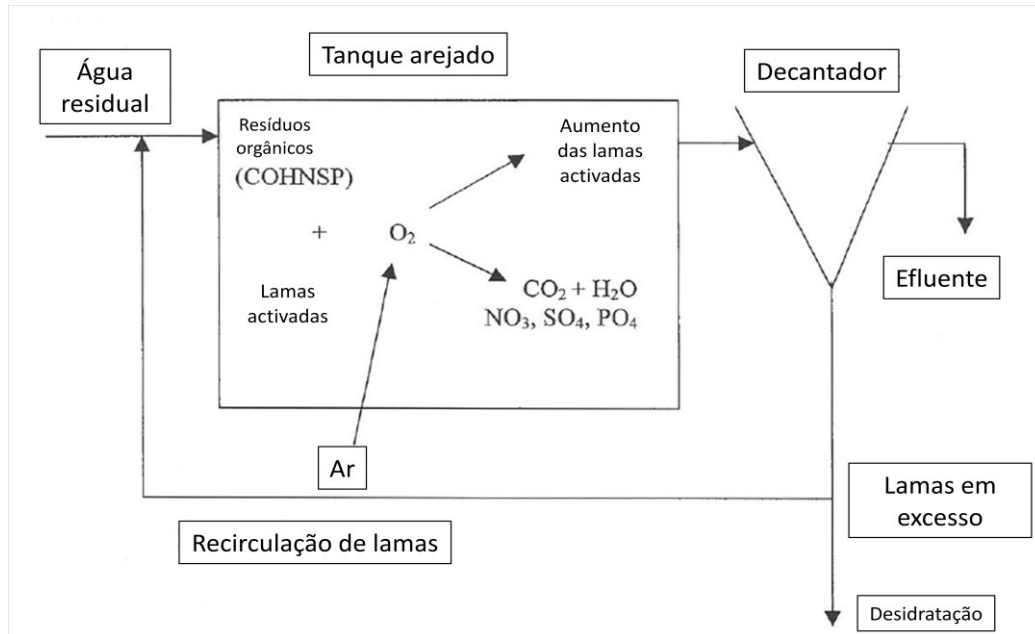


Figura 1-2 Desenho esquemático da ETAR (3)

1.2 Processo de desidratação

Desidratação é a remoção de água de uma lama, para que esta reduza o seu volume. A desidratação de lamas activadas é importante porque estas têm um grande volume e uma baixa concentração de sólidos (5).

Uma vez que a lama em excesso terá de ter outra aplicação, a desidratação é importante em três pontos de vista

- **Económico**, visto estar a reduzir o custo do transporte, uma vez que para o mesmo volume estamos a transportar mais sólidos e menos águas;
- **Prático**, porque passamos de uma lama com uma concentração de 1-2% em sólidos que está praticamente no estado líquido para uma lama com uma concentração de 18-22%, apresenta um aspecto terroso e muito mais fácil de manusear;
- **Ambiental**, em vez que há uma eficácia no aproveitamento destas. No caso de ir para compostagem, é importante na medida em que melhora a circulação de ar e a textura da lama e no caso do destino final desta ser tratamento térmico ou incineração, a desidratação reduz o consumo de combustível para evaporar o excesso de humidade.

A água presente na lama da ETARI, pode ser classificada em 4 categorias (6):

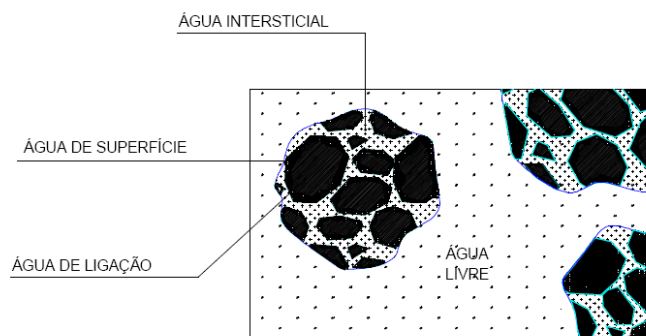


Figura 1-3 Distribuição da água da lama (7)

- **Água livre**, é a parcela de água que se move livremente por gravidade. Pode ser removida com relativa facilidade por sistemas mecânicos, por drenagem ou por evaporação;
- **Água de superfície/do floco**, que é a parcela que está ligada directamente à partícula floculada. Para remoção dessa parcela é necessária relativa quantidade de energia
- **Água de ligação/capilar**, é a parcela que está fortemente ligada à partícula sólida. Esta move-se com a partícula e para a sua remoção é necessária força mecânica
- **Água intersticial / adsorvida**, é a parcela ligada quimicamente à partícula sólida coloidal. A remoção dessa água só é possível com a aplicação de altas temperaturas ou com a aplicação de elevada quantidade de energia.

1.2.1 Espessamento

Espessamento é o processo para aumentar a concentração de sólidos numa lama e diminuir o seu volume, através da remoção de uma porção da água. Espessar uma lama com uma concentração de 1% de sólidos, para 2%, reduz o volume da lama para metade e se for para 5%, reduz o seu volume para 1/5 do seu volume original. Esta etapa é realizada para melhorar a eficiência no passo seguinte que é a desidratação através de centrifugação.

1.2.1.1 Factores que condicionam o espessamento

As lamas resultantes consistem numa mistura de sólidos, com diferentes tipos de partículas orgânicas e inorgânicas de tamanhos diferentes.

Os factores que afectam o espessamento e desidratação são:

- 1 Fonte
- 2 Concentração de sólidos
- 3 Tamanho das partículas e distribuição
- 4 pH e alcalinidade
- 5 Carga da superfície e grau de hidratação
- 6 Outros factores físicos

Explicando cada um dos passos:

- 1- No nosso caso são lamas biológicas, o que faz com que a qualidade da lama esteja directamente relacionada com a digestão aeróbia que acontece dentro do tanque. Sempre que esta não ocorra nas melhores condições, por limitações de arejamento, nutrientes, etc, a lama apresentar-se-á com propriedades diferentes do esperado na desidratação podendo prejudicar esta;
- 2- A concentração de sólidos é importante na medida em que a está directamente relacionado com a dosagem de PE a utilizar no espessamento, daí que este queira-se constante e o mais alto possível;
- 3- Para a mesma concentração de sólidos numa lama, o facto de haver partículas menores, aumenta a área superficial sólida, ou seja o rácio área/volume é muito maior. O aumento da área superficial, significa melhor hidratação, melhora a atracção química e por isso aumenta a resistência à desidratação;
- 4- O pH e a alcalinidade afectam principalmente a performance dos condicionadores inorgânicos, quando usados;
- 5- A maioria dos sólidos possui uma carga superficial que faz com que haja atracção com uns e repulsão com outros. Com a hidratação forma-se uma camada de água que se liga à superfície do sólido, o que promove um amortecimento entre os sólidos. Geralmente os sólidos das lamas têm carga negativa, o que promove a repulsão entre partículas.

Factores físicos, como agitação, bombeamento , etc, a que a lama é sujeita também influenciam a estrutura da lama, uma vez que se esta apresentar uma maior fragilidade da sua estrutura, fará com que a desidratação também seja mais difícil.

1.2.1.2 Espessadores químicos

No caso em estudo o produto utilizado é um Polímero catiónico. Com a adição de polímero o tamanho da partícula aumenta e a camada de águas entre as partículas diminui. Diferentes lamas, têm diferentes características de desidratação e a mesma fonte de lama varia de estação para estação, daí que o tipo de espessador químico e a dose variam de caso para caso.

A escolha do tipo de produto químico normalmente é determinada através do teste do funil *Buchner*. A resistência específica da lama é determinada, medindo o volume de filtrado recolhido de uma amostra de lama e o tempo que demora a filtrar. Para se escolher o melhor produto a utilizar, e a quantidade, fazem-se vários testes com diferentes polímeros e variando as doses destes.

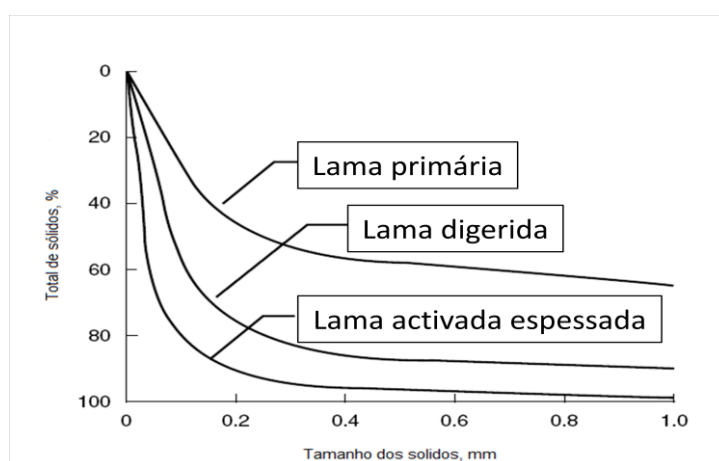


Figura 1-4 Distribuição do tamanho de sólidos numa lama (5)

1.2.1.3 Modo de funcionamento do espessador

A IDL da UNICER – Santarém utiliza dois espessadores *ALDRUM (ALFA-LAVAL)*, para espessar a lama. Este espessador utiliza PE para espessar, para isso numa primeira fase a lama entra num reactor contínuo (floculador) em simultâneo com o PE e através de agitação, forma-se um floco. Seguidamente esta lama floculada, vai sendo introduzida num tambor de espessamento rotativo. Este tambor rotativo é um filtro rotativo, em que para a malha do filtro se manter limpa, vai sendo utilizada água, através de um sistema de dispersores, fazendo com que a taxa de filtração seja sempre máxima.

Neste processo podemos controlar a velocidade de agitação no floculador, a velocidade de rotação do filtro e o ângulo deste em relação ao solo.

A agitação do floculador, é controlada conforme o caudal que entra de maneira a que o floco apresente uma textura sólida e resistente.

A velocidade de rotação do tambor determina a consistência da lama final. Este não pode ser operado com uma velocidade demasiado alta, uma vez que o floco pode partir e parte da lama sair pelos drenados.

O ângulo do tambor de espessamento determina o tempo de retenção da lama dentro do filtro (8).

1.2.2 Desidratação

É uma operação física para reduzir lama com o objectivo de alcançar uma redução de volume maior do que a obtida no espessamento. Desidratar uma lama espessada de 4% de concentração em sólidos para 20%, significa reduzir o volume 1/5, o que se traduz num material não fluido.

1.2.2.1 Desidratação por centrifugas

Tal como o espessamento, o objectivo da desidratação é retirar água da lama, contudo esta técnica utiliza uma força 500 a 3000 vezes superior à da gravidade, de forma a acelerar a separação dos sólidos e do líquido.

1.2.2.2 Vantagens e desvantagens de se utilizar este método de desidratação

As vantagens são:

- Não necessita de muito espaço para se instalar;
- Rápido manuseamento, não necessita de muito tempo para estabilizar o processo e para terminar de operar;
- Desde que a lama espessada tenha uma concentração constante, não necessita de uma atenção contínua do operador;
- Aparência limpa e livre de odores;

As desvantagens são:

- Equipamento bastante dispendioso
- Elevado consumo energético, por unidade de produto produzido
- Bastante sensível quanto à qualidade da lama que entra, esta não poderá trazer objectos, que possam por alguma razão alterar o processo
- Requer uma manutenção periódica, feito por um operador especializado, uma vez que este equipamento trabalha com altas rotações
- Os drenados deste tipo de equipamento têm um alto nível de sólidos, uma vez que a energia aplicada sobre a lama é bastante alta.

Em 2009 esta IDL veio substituir uma antiga que operava com um filtro banda como equipamento final de desidratação. O uso de centrifugas comparativamente ao uso do filtro de banda é muito mais vantajoso, porque:

Vantagens

Centrifugas	Filtro Banda
<ul style="list-style-type: none">• Baixo custo de instalação (pouca área ocupada)• Custos reduzidos de operação e manutenção• Área de trabalho sempre limpa• Redução dos odores resultantes do processo de decomposição da lama• Redução de tempos de interrupções não planeadas (no caso de ser necessário trocar-se a tela)• Redução na despesa com peças de desgaste (tela filtrante)• Operação simples• Processo muito mais fácil aquando do arranque (menos variáveis para controlar)	<ul style="list-style-type: none">• Equipamento de baixo custo• Baixo consumo energético• Baixo consumo de PE• Menor emissão de ruído

Contudo a grande vantagem vem mesmo nos resultados obtidos, visto a centrífuga conseguir desidratar mais a lama final.

1.2.2.3 Modo de funcionamento da centrífuga

As centrifugas utilizadas neste trabalho são denominadas do tipo *solid bowl centrifuge*.

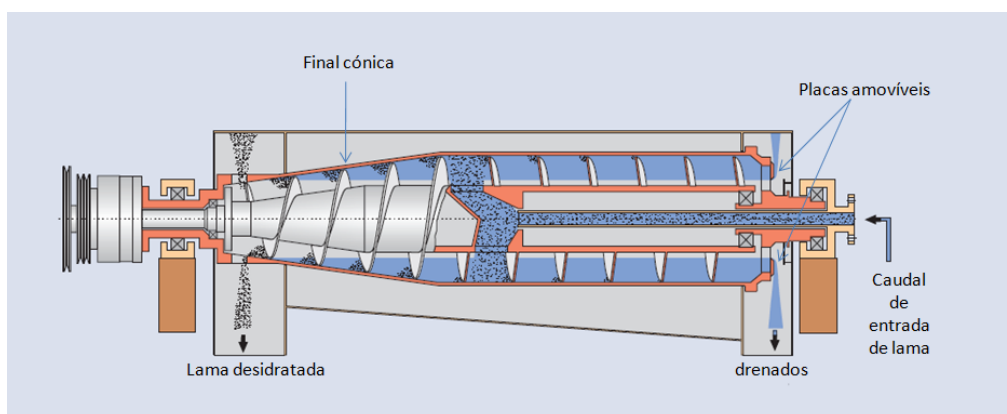


Figura 1-5 Esquema do funcionamento de uma centrífuga em co-corrente (9)

Os componentes principais destas centrifugas são: a base, a cobertura, o tambor/cesto de rotação, eixo de transporte rotativo, tubo de alimentação, motor e engrenagens que controlam a velocidade diferencial

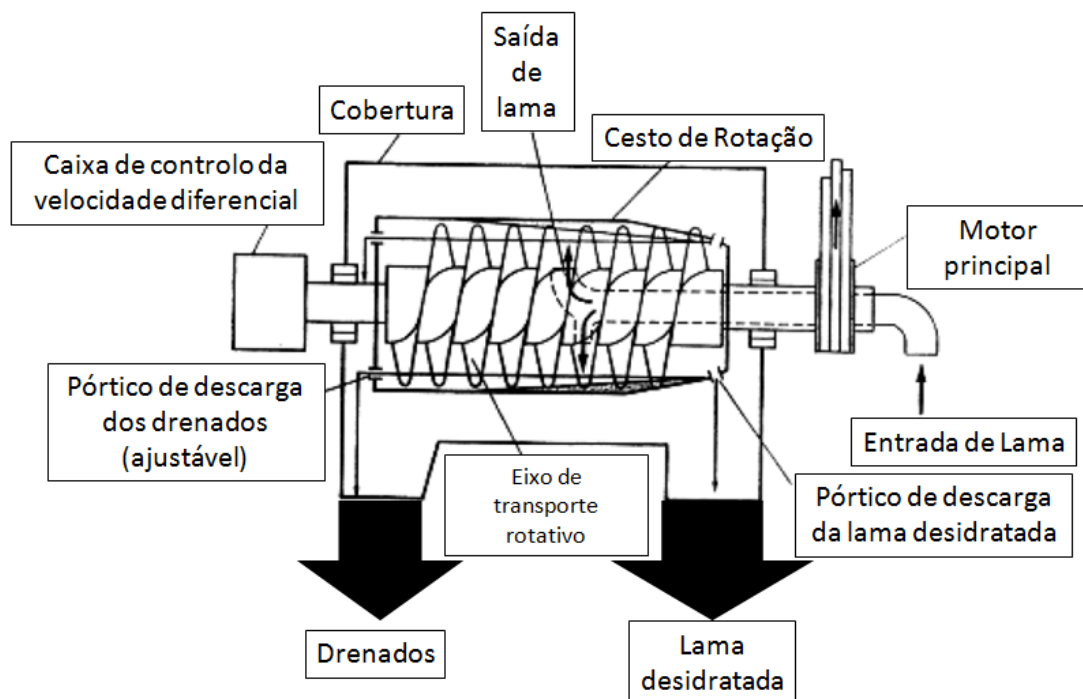


Figura 1-6 Esquema de uma centrífuga de operação em contracorrente (5)

A base tem de ter uma função sólida para suportar a centrífuga e para que esta não fazer vibração.

A cobertura que envolve o tambor, serve para que o funcionamento deste seja seguro e também ajuda a conter os odores e o barulho do funcionamento.

O tambor de rotação consiste num cilindro com um design cónico, em que a relação da parte cónica e a parte cilíndrica varia com o tipo de equipamento.

Existe uma folga entre o eixo de transporte rotativo e a parede do tambor.

Há uma diferença de velocidade entre o cesto e o eixo interno de transporte, para que os sólidos possam migrar da zona onde a lama entra para a zona de desidratação, onde os sólidos são descarregados. Os drenados são descarregados no tambor, mas no lado oposto onde os sólidos são descarregados. A velocidade diferencial é controlada pelo sistema de engrenagem na parte de trás da centrífuga. A concentração final de sólidos no final varia muito com o tipo de lama.

O modo de funcionamento deste tipo de centrífugas pode ser em co-corrente ou em contracorrente, sendo neste ultimo tipo o que se encaixam as centrífugas utilizadas neste trabalho.

Em contracorrente, a lama é alimentada por um pequeno orifício na parte final do cesto e a lama desidratada, sai nessa zona também (5) . À medida que a lama, ainda hidratada, vai entrando na centrífuga, vai-se distribuindo pelo tambor, onde vai sendo acelerada à medida que vai entrando. A força centrífuga faz com que os sólidos se depositem na parede do tambor. O eixo interno de transporte encarregar-se-á de ir transportando os sólidos para a parte cónica, à medida que estes se vão depositando na parede. A separação tem lugar ao longo de todo o cilindro e os drenados (a água que a lama vai perdendo), vai saindo pela parte mais larga do cilindro. Existem umas placas na parte mais larga do cilindro, por onde saem os drenados, que são ajustáveis e que servem para determinar a altura de sólidos dentro do tambor. (10)

Este tipo de centrífugas pode funcionar sem a adição de químicos, mas tem resultados bastante fracos. Para melhorar o rendimento da centrífuga, é adicionado polímero à lama, à medida que esta vai entrando, para que se forme um bolo mais espesso dentro do tambor, isto é, que a quantidade de sólidos dentro da centrífuga aumente. Regra geral este tipo de equipamento utiliza um polímero catiónico para a desidratação da lama, contudo se houver presença de sais de alumínio e de ferro na lama os polímeros aniónicos têm melhores resultados.

1.2.2.4 Performance de optimização da centrífuga

A centrífuga pode ser ajustada rapidamente, fazendo variar alguns parâmetros de controlo (10):

- **Velocidade do cesto** - fazendo variar esta, as forças G podem ser ajustadas conforme a aplicação. Quanto mais alta a velocidade, melhor a separação
- **Nível do líquido** – o ajuste deste parâmetro, significa criar um balanço óptimo entre a clarificação dos drenados e a secura da lama, para isso são seleccionados diferentes tipos de placas que estão dentro da centrífuga, até se achar a melhor relação. Regra geral os drenados tornam-se mais clarificados e a lama mais seca, quando se diminui o raio do líquido e vice-versa.
- **Velocidade diferencial (Δn ou ΔRPM)** - a secura da lama pode ser aumentada, quando operamos com baixa velocidade diferencial, contudo os drenados serão menos limpos e vice-versa. O torque aumenta, quando se baixa a velocidade diferencial.
- **Caudal de entrada** - quando este é baixo existe uma melhor separação.

1.2.2.5 Variáveis que afectam a desidratação

- Caudal de entrada
- Características físico-químicas da lama, tamanho e forma das dos sólidos, densidade da partícula, temperatura e viscosidade do líquido
- Características do tambor e do eixo de transporte da centrífuga
- Velocidade de funcionamento do tambor
- Altura de líquido no tambor (que é controlado) (5)

Fazendo um resumo esquemático do processo de desidratação, temos:

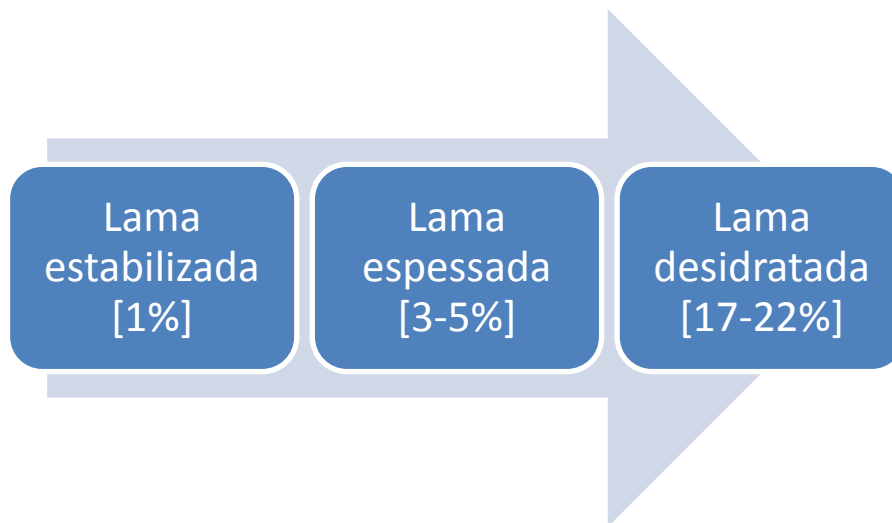


Figura 1-7 Esquema de resumo do processo de desidratação

Temos uma lama estabilizada que sai do decantador com uma concentração de cerca de 1%, que vai ser espessada através de um espessado mecânico, para retirar parte da água e finalmente a lama é desidratada por centrifugação para que no final tenha um aspecto terroso, apresentando uma concentração de cerca de 17-22% de sólidos.

1.3 Coagulação & floculação

1.3.1 Coagulação

Corresponde à destabilização da dispersão coloidal, devido à compressão ou redução da dupla camada eléctrica.

A carga superficial é o que mais influencia o comportamento dos coloides em águas. Cada partícula destes possui uma carga, que geralmente é negativa. Como cargas iguais se repelem, as partículas colides repelem-se também, o que impede que se aglomerem, permanecendo

dispersas e em suspensão no meio. Contudo se essas cargas forem reduzidas as partículas podem-se agregar e formar flocos. (11)

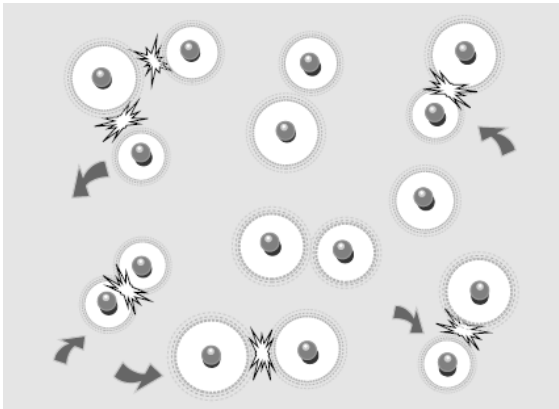


Figura 1-8 Partículas carregadas repelindo-se (11)

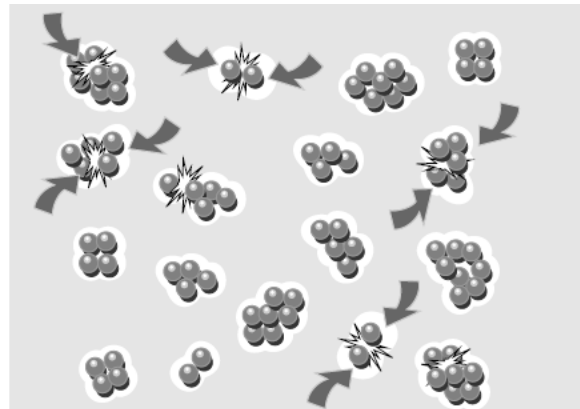


Figura 1-9 Partículas sem cargas colidindo e agregando-se (11)

1.3.2 Floculação

Agregação de partículas coloidais através do uso de polímeros orgânicos de alto peso molecular (11).

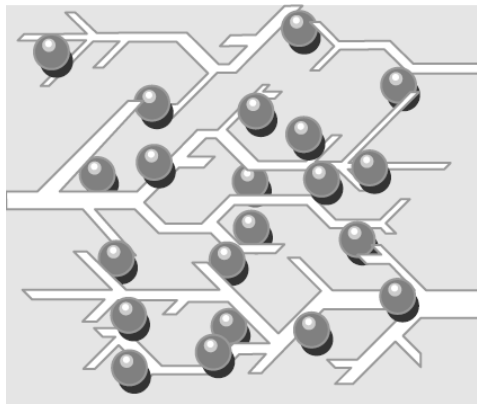


Figura 1-10 Mecanismos de pontes de floculação com polímeros (11)

1.3.3 Polímero

O peso molecular deste, determina a sua utilidade para fazer a ponte de ligação com as partículas coloidais. A sua densidade de carga é controlada pelo rácio de monómeros carregados e descarregados.

Os polímeros podem classificar-se quanto à sua carga, como não iónicos, aniónicos, ou catiónicos.

- **Não iónicos**, são polímeros com uma baixa densidade de carga
- **Aniónicos**, possuem carga negativa
- **Catiónicos**, que são do tipo que utilizamos neste trabalho, são polímeros carregados positivamente. Este tipo de polímeros tem uma acção dupla, visto actuar na neutralização de cargas e nas pontes entre coloides.

Os polímeros podem ser fornecidos de três formas:

- **Polímero seco**, este tipo de produto, tem bastante tendência a absorver a humidade do ar, o que torna o seu manuseamento e armazenamento, por vezes complicado. Existe também uma grande dificuldade em fazer a diluição deste com água, tendo um tempo de maturação de cerca de 1h. Isto faz com que, para haver um elevado consumo contínuo da solução de polímero, seja necessário um tanque de preparação com grandes dimensões.
- **Polímero em solução**, são melhores do que os desidratados. Uma pequena agitação é o suficiente para diluir o polímero líquido
- **Polímero em emulsão**, têm alto peso molecular, por isso não se consegue ter este tipo de polímeros em solução. A sua diluição em água é feita com agitação continua. É este tipo de polímero que vamos utilizar neste trabalho, uma emulsão de água e óleo mineral. (12)

Os poli electrólitos catiónicos, inibem as cargas negativas da lama, uma vez que actuam na superfície negativa das partículas, fazendo a neutralização destas. Como é um polímero com um alto peso molecular, estes têm uma cadeia longa, o que faz com que englobem um grande número de partículas ao mesmo tempo (13).

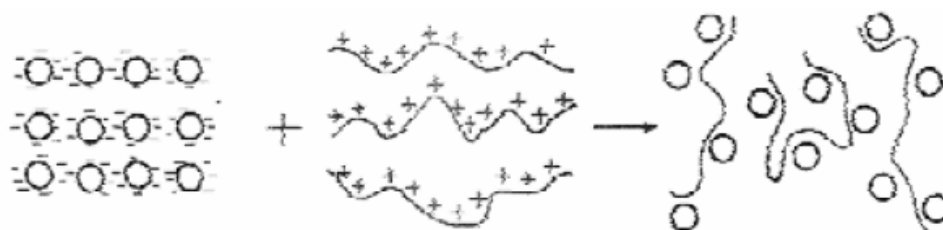


Figura 1-11 Representação esquemática da floculação (13)

A empresa que fornece os reagentes químicos à UNICER, é a Rivaz Química e são eles que fazem a consultoria periódica, sobre a utilização do produto que melhor se adapta ao processo.

O polímero utilizado neste trabalho foi o ZETAG 7878FS40, que é uma poliacrilamida catiónica dispersa em óleo mineral e é 50% activo. A ficha do produto encontra-se no Anexo I.

2 Instalação

A IDL da ETARI – UNICER do centro de produção de Santarém é composta por 2 espessadores mecânicos, duas centrífugas e respectivos equipamentos auxiliares de bombagem, de retenção de lamas, preparação de polímero, etc.

Esquemáticamente a IDL apresenta a seguinte forma:

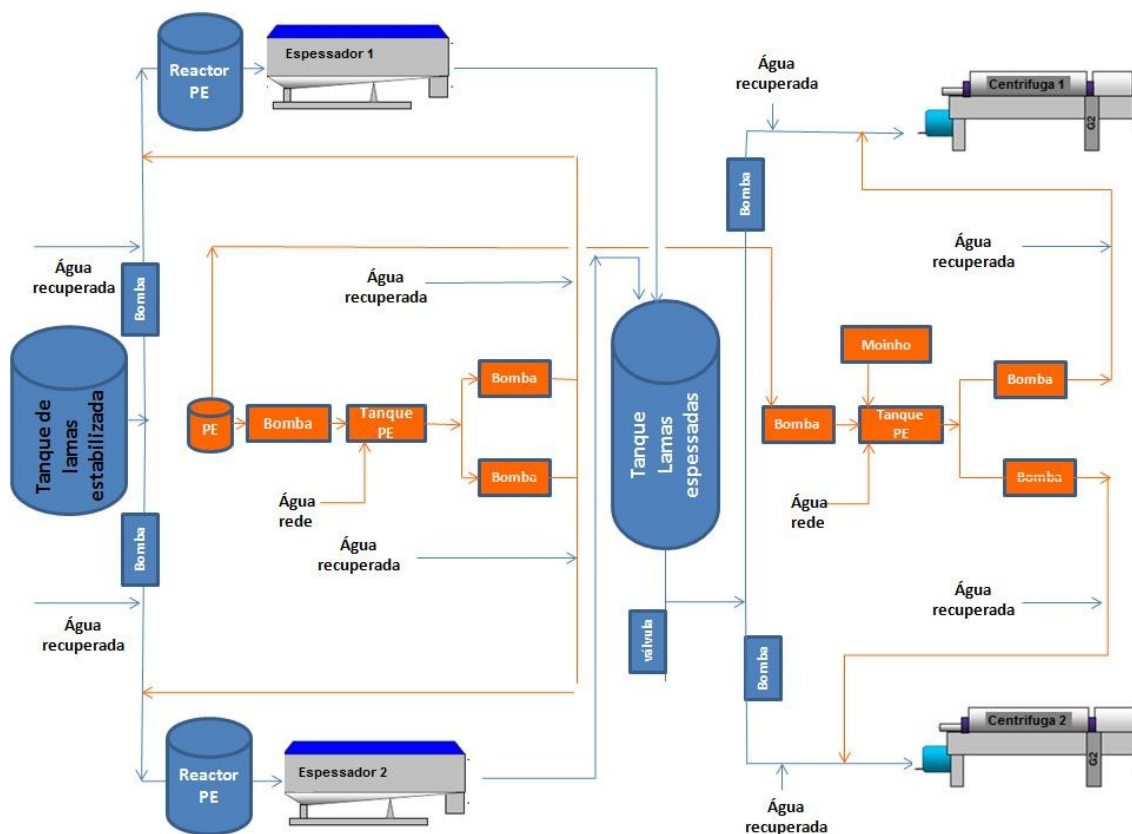


Figura 2-1 Esquema da Unidade de desidratação de Lamas da ETARI - Centro de produção de Santarém

O edifício da IDL possui dois pisos. Num piso térreo encontra-se todo o sistema de bombas, o quadro eléctrico geral, tanques de preparação de PE e o tanque de lamas espessadas. No piso superior encontram-se os equipamentos de espessamento e desidratação. Esta instalação está preparada para que os equipamentos possam operar em simultâneo, ou possa haver algumas combinações, quer por opção, quer em caso de avaria. No anexo II, encontra-se o diagrama inicial de engenharia da unidade de desidratação de lamas da ETARI – UNICER do centro de produção de Santarém, onde se pode consultar mais detalhadamente toda a instalação.

2.1 Unidade de preparação de PE

Fazer a preparação de PE significa diluir o PE conforme fornecido em água. Cabe à empresa que fornece o PE (Rivaz Química) aconselhar o produto que melhor se adapta ao trabalho, a concentração da diluição bem como a dosagem aconselhadas. A preparação do PE é sempre

efectuada com água da rede, isto porque a ETARI, tem 2 circuitos de água independentes, um de água da rede e outro de água recuperada. Esta água recuperada é parte do efluente final da ETARI, pelo que apesar de estar dentro dos valores permitidos por lei para ser descarregada numa vala pública, não é potável, daí que a UNICER apenas use esta água na ETARI, nas funções básicas desta e no sistema de rega da unidade fabril.

Esta IDL possui dois tanques de preparação automática de PE, diferentes e independentes da marca *Milton Roy*.

- Existem **dois tanques**, sendo que um fornece PE para o espessamento e outro fornece PE para desidratação;
- São dois **sistemas independentes**, visto a IDL ter sido projectada para a possibilidade de se utilizarem PE diferentes ou o mesmo PE, mas em concentrações diferentes nas duas etapas de desidratação;
- Os tanques de preparação **são diferentes**, porque um está preparado para fazer a preparação de PE sólido/emulsão enquanto outro apenas prepara PE em emulsão;

Unidade de preparação de PE para espessamento (espessadores)

Este tanque de preparação de PE em emulsão é composto por uma bomba doseadora de diafragma e um agitador.



Figura 2-2 Unidade de preparação de PE para espessamento



Figura 2-3 Bomba doseadora



Figura 2-4 Válvula de pressão, válvula de espera e contador de água

Este tanque é dividido em dois sub -tanques que estão ligados, mas em que um funciona como tanque tampão e outro como tanque de preparação de PE.

O tanque de preparação de PE tem um pressostato e um medidor de nível, que são responsáveis pela preparação de PE.

O tanque tampão tem de ter sempre PE preparado, uma vez que é daqui que sai o PE que vai ser utilizado. Quando isto não acontece, ele está equipado com uma sonda de nível, o que alerta o autómato para parar o processo de espessamento, evitando possíveis problemas/avarias. O tanque de preparação tem um pressostato que informa quando deve ser preparado mais PE

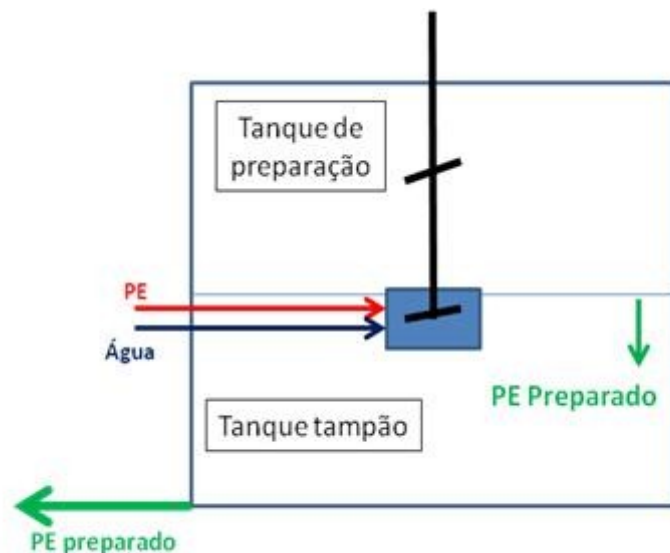


Figura 2-5 Esquema da unidade de preparação de PE para espessamento

Unidade de preparação de PE para desidratação (centrifugas)

Esta unidade possui 2 agitadores, uma bomba doseadora de parafuso excêntrico, moinho de sólidos com parafuso.



Figura 2-10 Unidade de preparação de PE para desidratação



Figura 2-6 Agitadores



Figura 2-7 Moinho de PE sólido



Figura 2-8 Bomba doseadora



Figura 2-9 Caudalímetro, electroválvula e válvula de esfera

Este tanque é dividido em 3 sub tanques, que estão ligados entre si em que os 2 primeiros funcionam como câmaras de preparação e o ultimo funciona como tanque tampão.

Como o processo é contínuo, o PE à medida que vai sendo diluído até estar a ser consumido, tem que passar por 2 câmaras agitadas, o que promove uma melhor homogeneização da solução final.

O tanque final e o tanque de entrada tal como acontece com a unidade de preparação de PE de espessamento, também esta está equipada com uma sondas de nível. A de entrada controla a preparação de PE, isto é quando deve ser adicionado água e PE e a de saída serve como segurança, quando o nível está muito baixo, alerta o autómato, para parar a desidratação para precaver possíveis problemas/avarias.

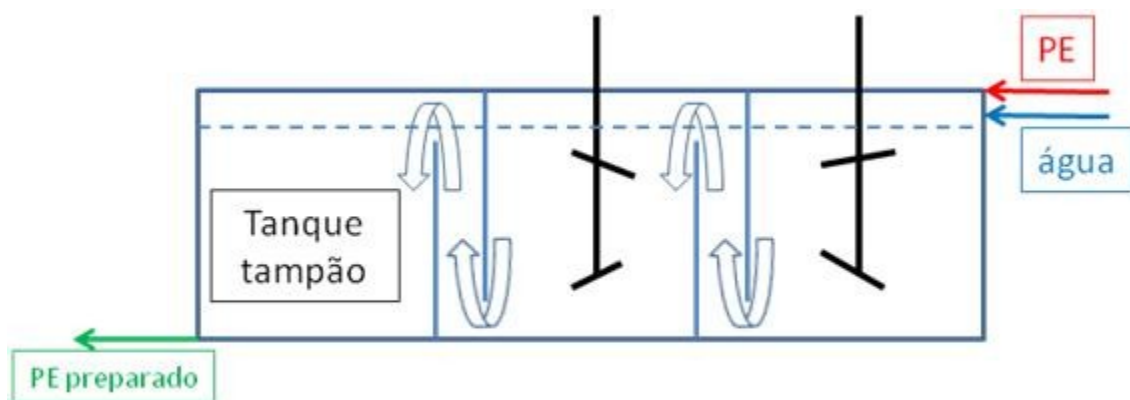


Figura 2-11 Esquema da unidade de preparação de PE para desidratação

2.2 Unidade de espessamento

A unidade de espessamento é composta por 2 tambores de espessamento (espessadores mecânicos), da marca *Alfa-Laval*, modelo *Aldrum*, do qual também faz parte um floculador e os respectivos sistemas de bombagem.

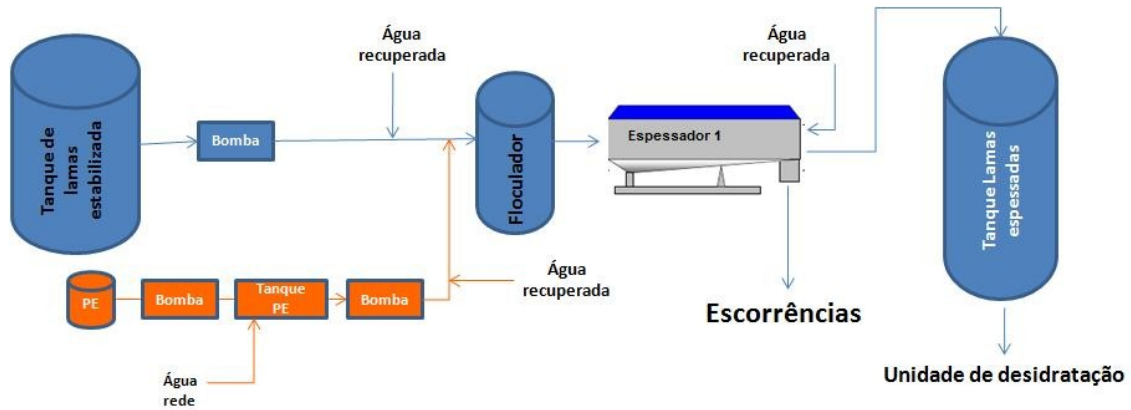


Figura 2-12 Esquema da unidade de espessamento

Os espessadores desta IDL têm duas formas diferentes de operar:

- Por **Nível**, ou seja o caudal de lama é regulado automaticamente consoante o nível de lama no interior do tanque de lamas espessadas, daí que nunca ocorra paragem no processo de espessamento, mas poderá haver uma oscilação na concentração na lama espessada;
- Por **Caudal** constante, em que quando se atinge o nível máximo no interior no tanque de lamas espessadas, o espessador pára e só torna a arrancar, quando o nível de lama no interior do tanque atinja um nível, que é programável.

2.2.1 Espessador mecânico



Figura 2-13 Espessador mecânico AlfaLaval – Aldrum (14)

O tambor de espessamento é constituído por um tambor de estrutura tubular, com rolamento como base de apoios, equipado com uma tela filtrante. O tambor é accionado por um motor eléctrico de baixo consumo. A lama e o PE, são introduzidos no reactor de floculação, onde é favorecida a formação de flóculos com uma dosagem mínima de PE. A partir do floculador, por meio de ligações a, a lama floculada é introduzida no interior do espessador, e uma vez aí, devido à força da gravidade, a água separada, passa através da tela filtrante e sai para o exterior. A lama espessada avança suavemente pelo interior do tambor, com a ajuda do movimento giratório deste e pela inclinação do tambor. Há um sistema de lavagem da tela filtrante, mediante aberturas pulverizadoras, que permite manter o rendimento do equipamento. (14)

2.3 Unidade de desidratação

A unidade de desidratação é composta por duas centrífugas *Alfa Laval*, modelo *Aldec 30* e respectivos sistemas de bombagem.

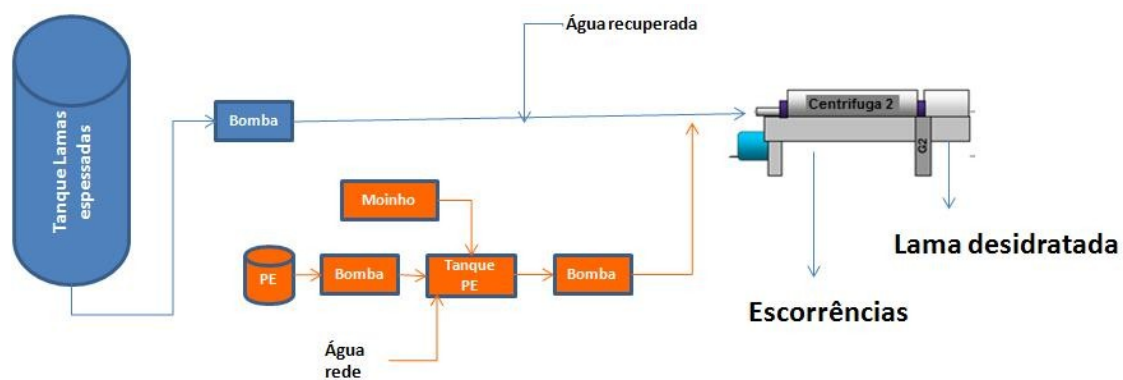


Figura 2-14 Esquema da unidade de desidratação

2.3.1 Centrifugas



Figura 2-15 Centrifugas Alfa Laval - Aldec 30

A centrífuga é responsável pela desidratação da lama. A lama espessada é bombeada de um depósito para a centrífuga, para que esta separe os sólidos da água, ficando no final a lama com um aspecto térreo. Nestes equipamentos a velocidade da centrífuga é determinada pela marca (*Alfa Laval*), bem como a afinação que determina a altura do líquido no tambor do equipamento (placas amovíveis). O operador controla o caudal de alimentação de lama, o caudal de alimentação de polímero, e a velocidade diferencial da centrífuga

2.4 Unidades de armazenagem

Considere a parte da armazenagem como mais uma unidade, visto ser uma parte importante de todo o processo.

2.4.1 Armazenagem do polímero

O polímero é fornecido em contentores de 1000 kg, sendo que apenas os que estão a uso devam estar na instalação, no sítio apropriado para o efeito, os de reserva devem ser colocados em armazém para os proteger de temperaturas extremas e luz solar. (15)



Figura 2-16 Unidade de retenção onde está armazenado o PE

2.4.2 Armazenagem das lamas estabilizadas

As lamas em excesso quando saem do decantador, uma parte seguem novamente para o tanque biológico e outra para o tanque de lamas estabilizadas, para terem como final a desidratação. Este tanque serve por isso como tanque tampão para que a lama que vai a desidratar não altere muito as suas características, durante o período de desidratação.



Figura 2-17 Tanque de lamas estabilizadas

A lama antes de entrar passa por um filtro de malha grossa, para que fiquem retidas partículas maiores que possam afectar o funcionamento da desidratação, em especial das centrífugas.



Figura 2-18 Filtro de lamas estabilizadas

Este tanque possui um sistema de arejamento que faz com que a lama não sedimente e não entre em decomposição. Uma vez que a capacidade deste tanque não é suficiente para se desidratar uma galera de lama, o nível deste tanque é repostado através de um sistema de bombagem que eleva lama para este tanque, sendo esta reposição controlada por tempo e é o operador o responsável por determinar esse tempo.

2.4.3 Armazenagem das lamas espessadas

A lama, à medida que vai sendo espessada vai para um tanque, antes de ser bombeada para as centrífugas. Este tanque tem a capacidade de 6m³ e serve como tanque tampão.



Figura 2-19 Tanque de lamas espessadas

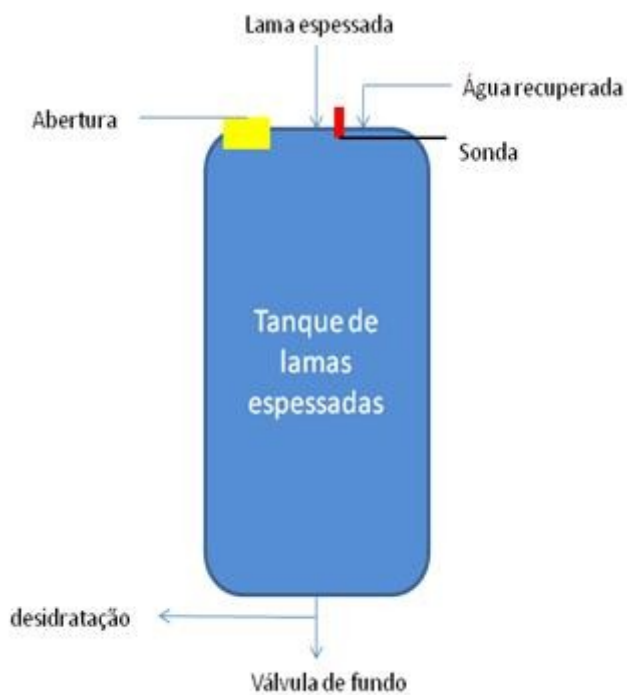


Figura 2-20 Esquema do tanque de lamas espessadas

Este tanque não é agitado e possui uma sonda de nível ligada ao autômato, que tem como funções informar o operador sobre a quantidade de lama existente no tanque e parar o processo de desidratação, caso o nível do tanque esteja demasiado baixo ou de espessamento, caso o nível do tanque esteja demasiado alto.

Este tanque tem um sistema de dispersão de água no seu interior e uma válvula de fundo, que servem essencialmente para limpeza e como medida preventiva, caso haja uma avaria que seja necessário despejar o tanque ou diluir mais a lama que está no seu interior.

2.4.4 Armazenagem das lamas desidratadas

A lama desidratada é depositada directamente dentro de uma galera, na qual será feita o seu transporte para valorização agrícola.



Figura 2-21 Galera de armazenagem da lama desidratada



Figura 2-22 Sistema de controlo do enchimento da galera

A arrumação da lama dentro da galera é feita de forma manual pelo operador.

3 Desenvolvimento do trabalho

Este trabalho foi dividido em três fases:

1. **Observação** – Esta primeira fase serviu para acompanhar o funcionamento que vinha sendo habitual para que fossem detectadas falhas e problemas que a instalação apresentasse. No final desta fase foram apresentadas as falhas que a IDL apresentava e elaborado um plano de alterações que visassem o melhor desempenho da IDL;
2. **Alteração** – A segunda fase serviu para implementação das medidas que visassem o melhoramento do desempenho;
3. **Ensaio** – Por ultimo os ensaios para se perceber qual seria o melhor funcionamento da IDL

Para melhor se perceber os parâmetros de operação para o qual esta IDL foi projectada, estão no Anexo III, os balanços de massas, efectuados pela *Alfa Laval*, visto ter sido esta empresa que projectou os equipamentos da IDL.

3.1 Observação

Durante este período que durou cerca de 2 meses, foram detectados alguns problemas técnicos:

- Problemas mecânicos de alguns equipamentos
- Problemas na água utilizada na IDL.
- Problemas nas drenagens
- Problemas de operacionalidade
- Problemas com o tanque de PE
- Problemas na preparação de PE

3.1.1 Problemas mecânicos

Apenas se estava a utilizar uma centrífuga, porque a bomba que alimenta a centrífuga 2 (P3002) não tinha o rendimento desejado.

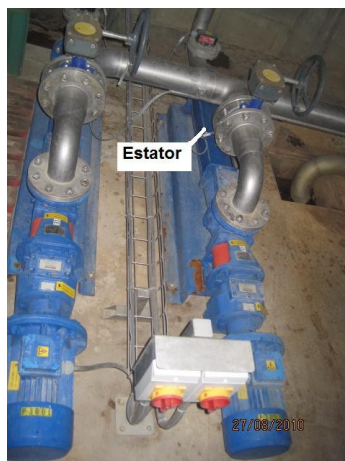


Figura 3-1 Sistema de bombagem de lama espessada

O problema já tinha sido identificado pelo electromecânico responsável pela instalação, sendo que a causa do problema teria sido erro de operação, tendo a bomba ficado a trabalhar em vazio durante uma noite, o que fez com que o estator aquecesse e houvesse um rápido desgaste.

3.1.2 Problemas com a água utilizada na IDL

A ETARI – UNICER do Centro de produção de Santarém, foi projectada para funcionar com dois circuitos de água independentes, um de água da rede e outro de água recuperada.

O circuito de água da rede, apenas serviria para utilização dentro do edifício de comando da ETARI (essencialmente WC e laboratório) e para preparação de PE e só em caso de urgência serviria para as restantes utilizações na ETARI, ou seja dentro da IDL deveria ser utilizada apenas na preparação de PE.

Como a água recuperada continha sempre alguns sólidos, estes entupiam com muita frequência o sistema de limpeza da tela filtrante dos espessadores, o representava uma quebra de rendimento do equipamento. Por isso toda a ETARI andava a consumir água da rede, para não haver perda de rendimento dos equipamentos na IDL.

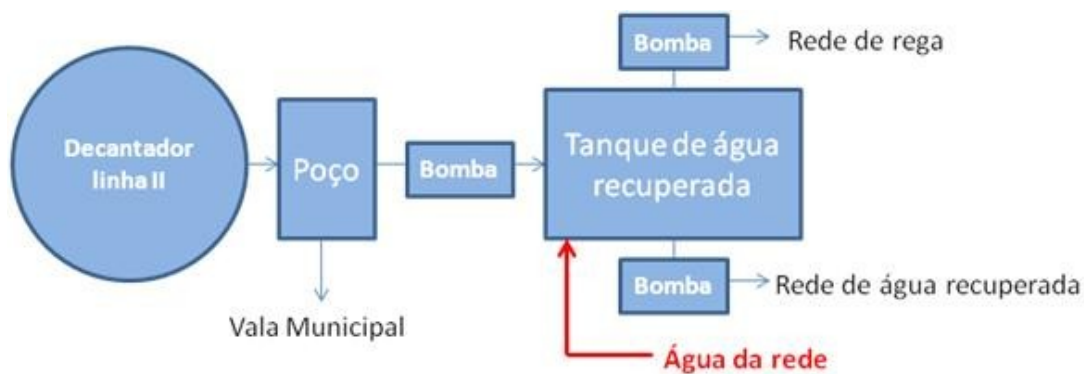


Figura 3-2 Esquema do sistema de água recuperada

A utilização de água da rede, estava associada a três problemas graves:

1. **Custo**, porque apesar de a água da rede, ser proveniente de furos artesianos existentes na UNICER, esta é tratada, para que possa ser consumida. Há por isso o custo de captação, tratamento e distribuição, daí que o seu uso para regas, lavagens, etc, era um custo a eliminar
2. **Limitação de caudal**, como a conduta que abastece a ETARI, não está preparada para suportar o caudal exigido, era necessário minimizar-se o consumo
3. **Variações de pressão**, uma vez que a ETARI se situa no extremo da unidade fabril, a conduta que a abastece é demasiado longa, o que faz com que se esteja numa “ponta da rede”, pelo que a pressão nem sempre é constante

3.1.3 Problemas de drenagens

Esta IDL veio substituir uma já existente, pelo que, houve algumas coisas que foram aproveitadas, sendo que uma delas, foi parte do sistema de drenagens.

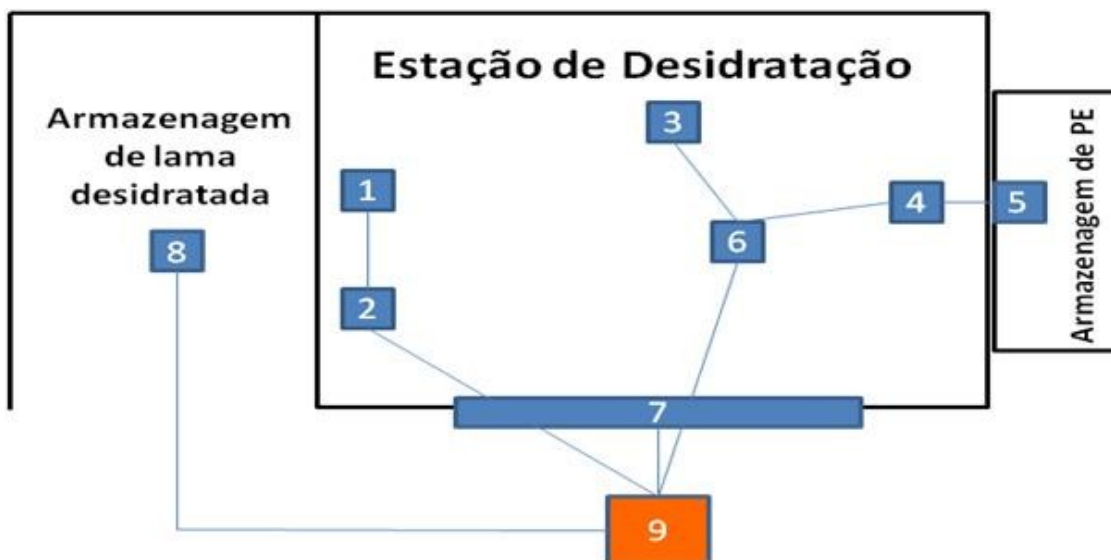


Figura 3-3 Esquema do sistema de drenagem da IDL antes da alteração

Legenda:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Caleira das centrífugas | 6. Caleira geral |
| 2. Caleira geral | 7. Caleira geral |
| 3. Caleira do tanque de lamas espessadas | 8. Caleira da galera |
| 4. Caleira dos espessadores | 9. Poço |
| 5. Caleira da bacia do PE | |

A planta dos sistemas de drenagem pode ser consultada no anexo IV

A instalação foi projectada para poder operar com 2 espessadores a 29m³/h cada e duas centrífugas a 5m³/h cada (Anexo III), contudo verificou-se que o sistema de drenagem não era suficiente.

Quando se operava com apenas um espessador com caudais entre 18m³/h e 20m³/h, a caleira 4, começava a transbordar, visto a conduta que ligava a caleira 4 à 6 não ser suficiente, pelo que os drenados usariam o chão da IDL como conduta para chegar à caleira 7. Quando se operava com um espessador com mais do que 20m³/h, todas as caleiras transbordavam, inclusive o poço situado no exterior da IDL.

Este problema limitava bastante o processo, visto sempre que o sistema de drenagem não fosse suficiente e os drenados saíssem da instalação, estes iam directamente para uma caleira de águas pluviais, a partir da qual seguiriam directamente para uma vala municipal. Como os drenados são compostos por água, lama e PE, estes necessitam de ser tratados antes de serem

enviados para a vala municipal, daí que o objectivo, seja encaminha-los novamente para a ETARI de forma a serem tratados.

3.1.4 Problemas de operacionalidade

Apesar da matéria seca final estar dentro dos valores, o rendimento da IDL estava muito aquém para o que fora projectado. Os equipamentos mesmo dentro das limitações que a IDL apresentava, estavam a ser operados muito abaixo daquilo que era possível.

A IDL pode ser operada em dois sítios diferentes, ou dentro da IDL, através de um monitor *touchscreen*, ou dentro da sala de controlo através do computador do autómato, que controla toda a ETARI. Foram detectados alguns problemas de programação do autómato:

- Havia parâmetros entre as duas formas de comando, que não estavam coerentes que foram alterados.
- A preparação de PE, dos dois tanques, poderia ser feita em simultâneo, o que provocava oscilação na pressão de água da rede
- Problemas de operacionalidade alternativos em caso de avaria.

Este último problema foi verificado, quando houve uma avaria de uma bomba de elevação de lamas à centrífuga, e supostamente era possível operar em sistema cruzado, isto é a bomba de lamas da centrífuga 1 seria utilizada para alimentar a centrífuga 2. Isto não funcionava, porque o caudal da bomba que estava a operar era controlado pelo caudalímetro da respectiva centrífuga, e não pelo da centrífuga que estava em funcionamento. Quando se experimentou trabalhar em sistema cruzado, a bomba que se estava a utilizar, como o caudalímetro que a controlava marcava o valor zero, a bomba recebia a informação do autómato para trabalhar na velocidade máxima, até atingir o valor com que se pretendia operar. Como isso nunca acontecia, a bomba estava sempre a trabalhar no máximo e a centrífuga não conseguia acompanhar esse caudal, daí que esta alternativa era inoperacional. O facto de em caso de avaria não se mudar logo de centrífuga e respectiva bomba, deve-se ao facto da lama recolhida cair directamente da centrífuga para dentro de uma galera, podendo esta estar apenas debaixo da saída de uma das centrífugas, de forma a facilitar o trabalho do operador na arrumação da lama dentro da galera, pelo que se torna difícil a troca da galera de sítio, visto não haver permanentemente um tractor para a manusear.

3.1.5 Problemas na alimentação de PE ao espessador

Durante uma operação de manutenção, ao TPPE que alimentava o espessador, foi detectada lama dentro deste. Uma vez que as únicas supostas entradas nos TPPE seriam a de água e a de

PE, a hipótese apontada seria a lama ser proveniente do floculador, fazendo o percurso inverso ao que o PE preparado fazia para chegar ao espessador. Isto seria impossível acontecer, enquanto os espessadores estavam a trabalhar, porque durante esse período haveria sempre caudal de PE no sentido correcto.

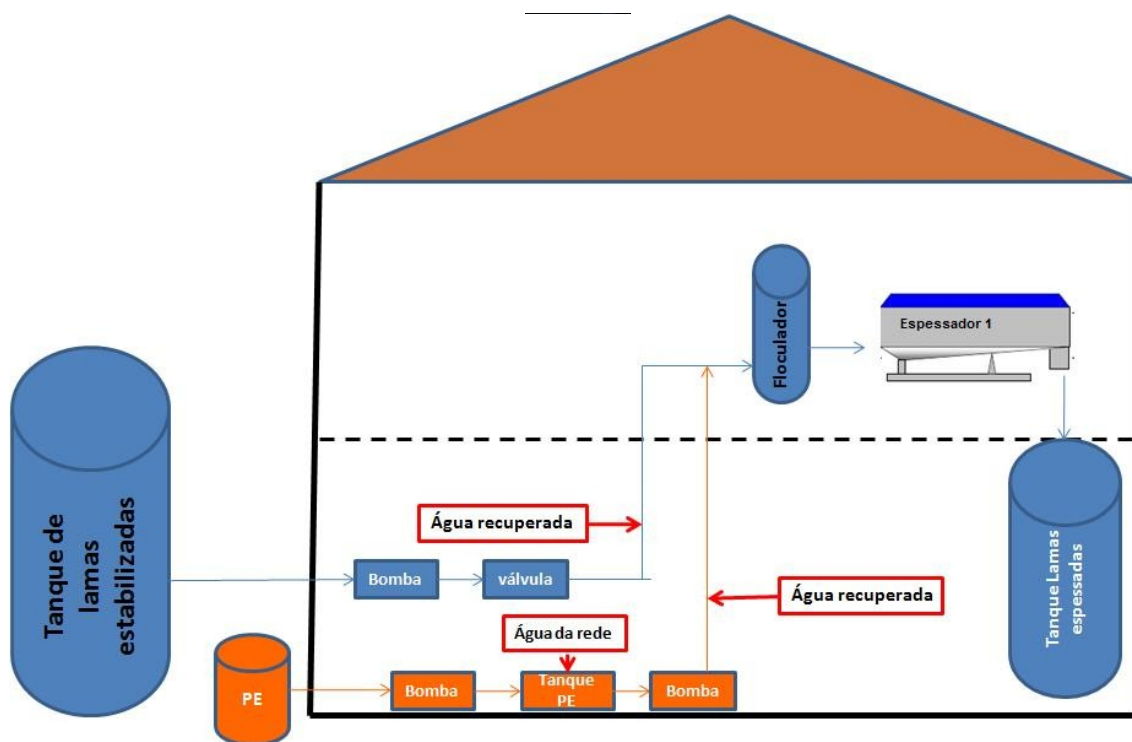


Figura 3-4 Esquema representativo do problema na alimentação de PE ao espessador

Sempre que o processo de espessamento termina, os espessadores estão programados para entrar em lavagem. Esta lavagem dá-se com todas as bombas paradas, e com a válvula da bomba de lamas fechada, ficando o floculador e o espessador a funcionar, enquanto se adiciona água (neste caso é água recuperada), para que esta ao passar remova toda a lama e PE que se encontra no floculador e no tambor de espessamento, saindo pelos drenados.

A hipótese apontada foi a lama que no final do processo estava retida no floculador, entrasse na conduta do PE, que alimenta o espessador. Isso seria fácil de acontecer por 3 motivos:

- Não existe uma válvula que bloqueie a conduta de PE sempre que o processo de lavagem inicie
- A bomba utilizada para elevar o PE até ao espessador é um bomba “tipo parafuso”, que quando parada não bloqueia

- O floculador e o espessador estão num andar superior ao do tanque de PE, o que faz com que a gravidade actue, ou seja, haverá sempre pressão no sentido descendente, mesmo com os equipamentos desligados.

3.1.6 Problemas na preparação de PE

Como mencionado na secção 3.1 Observação durante o período que se utilizou água da rede em toda a ETARI, foram detectadas oscilações de pressão na rede. Durante esse período, as oscilações eram maiores, uma vez que havia constantemente válvulas em vários locais da ETARI que abriam e fechavam, o que proporcionava uma oscilação mais frequente. Este problema foi associado a um outro que foi a detecção de uma instabilidade da concentração de PE. Os resultados das análises feitas regularmente à concentração do PE preparado, nunca eram coerentes. Dai que tenha sido associada essa oscilação na pressão da água durante a preparação de PE a incoerências das análises à concentração do PE preparado.

Foi detectado que sempre que havia preparação no TPPE ao espessador, havia problemas no espessamento, fazendo com que a lama ficasse menos espessa. Este problema assumiu proporções maiores, quando se começou a operar com a IDL com valores mais próximos de projecto, ou seja com caudais mais elevados.

O problema apontado, foi o próprio TPPE do espessador (2.1). Como operando com caudais maiores, havia também maior consumo de PE preparado do tanque, o que durante a preparação de PE, onde entra água e PE ao mesmo tempo que ocorre agitação, a água ganhava um caminho preferencial, indo depositar-se na parte inferior do tanque (tanque tampão, ver secção 2.1) pelo que a concentração de PE utilizado no espessador, diminuía bruscamente durante esse período. Este problema não era detectado nas análises frequentes ao PE preparado, visto as amostras utilizadas serem retiradas na parte superior do tanque, quando a preparação terminava. Este problema está relacionado com alterações efectuadas durante a instalação do tanque, onde foi retirada uma válvula que controlava a passagem do PE preparado da parte superior para a inferior.

3.2 Alterações

Nesta fase do trabalho foram feitas todas as alterações de forma a resolver os problemas encontrados e melhorar o desempenho da IDL.

3.2.1 Resolução dos problemas mecânicos

O problema do estator da bomba foi resolvido trocando o que estava com problemas por um novo

3.2.2 Resolução dos problemas com a água utilizada na IDL

Foi instalado um filtro de lavagem automática, para filtrar a água recuperada, ficando esta livre de sólidos o que por sua vez torna possível a utilização de água recuperada na ETARl como o previsto.

O filtro instalado é um *AMIAD – SAF 4500* e tem uma capacidade de filtragem máxima de 250 m³/h.

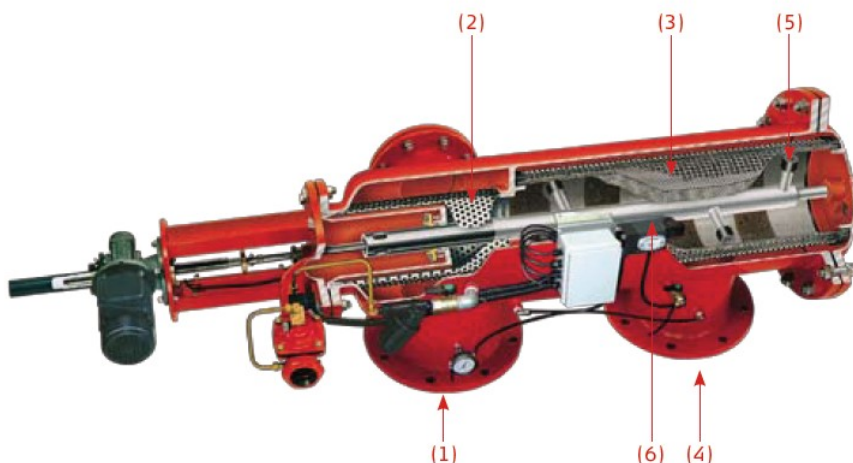


Figura 3-5 Filtro *AMIAD* (16)

Legenda:

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Entrada de água | 4. Saída de água filtrada |
| 2. Tela filtrante grossa | 5. Válvula de limpeza |
| 3. Tela filtrante fina | 6. Interruptor de diferencial de pressão |

A limpeza do filtro é automática e é feita mediante um temporizador programável, contudo o filtro possui um mecanismo de diferencial de pressão e sempre que esta está alta (sinal de colmatção), o filtro inicia uma limpeza extra. O mecanismo de limpeza pode ainda ser activado manualmente.



Figura 3-6 Instalação do filtro AMIAD

Como a instalação do filtro eliminou uma torneira de água que era utilizada para lavagens dos equipamentos da ETARI, com a nova instalação foram instaladas duas novas torneiras.



Figura 3-7 Torneira de água recuperada não filtrada



Figura 3-8 Torneira de água da rede

A torneira de água recuperada não filtrada serve para lavagens mais grosseiras, enquanto a de água da rede, uma vez que não tem impurezas, serve para utilização em máquinas de lavagem de pressão.

A malha de filtragem actualmente instalada neste filtro é de 130 microns, contudo a UNICER tem como objectivo a instalação de uma unidade de desinfecção microbiológica de UV, daí que o filtro esteja preparado para operar com uma malha mais fina de 25 microns.

Para se minimizarem as oscilações de pressão na água da rede utilizada na ETARI, foi ainda instalada uma válvula de controlo de pressão na conduta principal.

3.2.3 Resolução dos problemas de drenagem

A resolução deste problema foi a alteração do sistema de drenagens. A UNICER optou por alterar apenas parte do sistema de drenagem (apenas dentro da IDL), fazendo-se *a posteriori* ensaios que permitissem verificar a eficácia desta alteração e concluir se seria necessário proceder-se a alterações no exterior da IDL, sendo que estas seriam mais dispendiosas

A alteração efectuada consistiu, na substituição da conduta de drenagem no interior na IDL por uma mais larga, capaz de suportar o caudal de drenados.

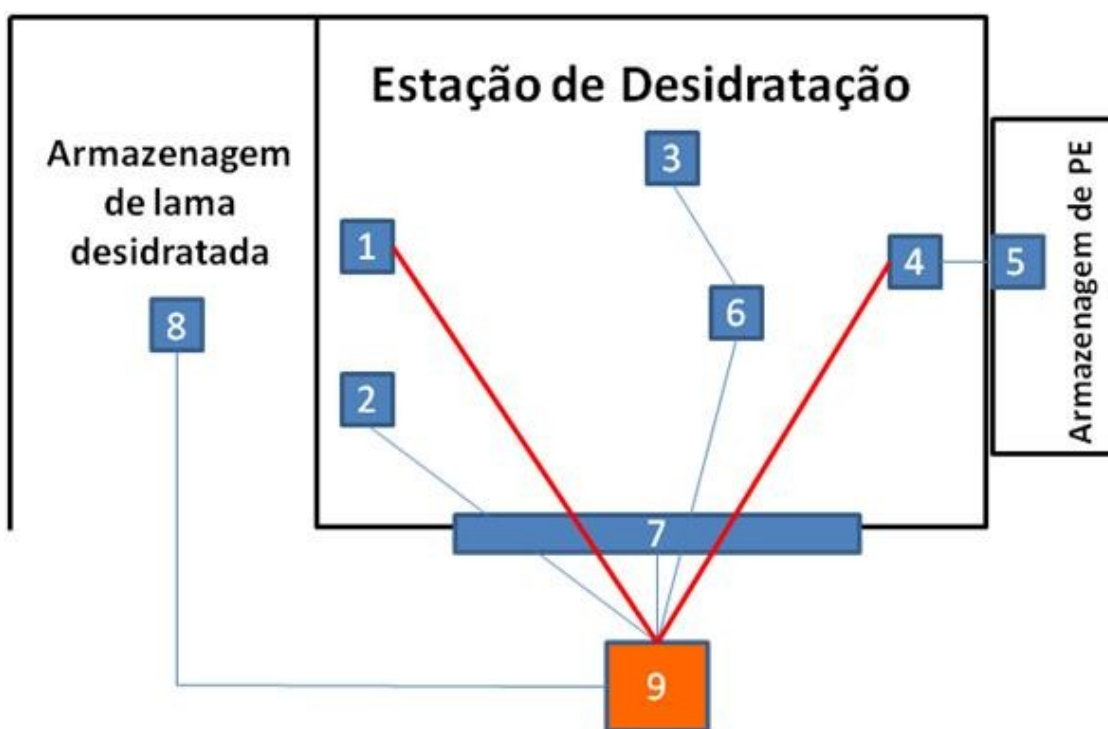


Figura 3-9 Esquema do sistema de drenagem da IDL depois da alteração

Legenda:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Caleira das centrífugas | 6. Caleira geral |
| 2. Caleira geral | 7. Caleira geral |
| 3. Caleira do tanque de lamas espessadas | 8. Caleira da galera |
| 4. Caleira dos espessadores | 9. Poço |
| 5. Caleira da bacia do PE | |

O diagrama de implementação do equipamento (AnexoIV), foi por isso redesenhado (Anexo V)

Após esta alteração, foram realizados ensaios para se testar os limites do sistema de drenagem da IDL. Foi verificado que a IDL passou a poder funcionar com um espessador com um caudal de alimentação de 29m³/h e uma centrifuga com um caudal de 5m³/h, sem problemas de

drenagem. Foram ainda testadas as condições limite de operação da IDL, em que o máximo que se conseguiu, foi utilizar-se apenas um espessador com um caudal de alimentação de $32\text{m}^3/\text{h}$ e duas centrífugas a $5\text{m}^3/\text{h}$. Operando-se com dois espessadores, ou com um caudal maior em apenas um, foi verificado que a conduta responsável por escoar os drenados do poço (assinalado com o numero 9), não cumpria e os drenados transbordavam do poço. Ficou por isso em parte resolvido o problema, ou seja dentro da IDL deixou de haver problema e esta alteração aumentou a capacidade da IDL, passou-se de uma alimentação ao espessador de $18\text{m}^3/\text{h}$ para $30\text{m}^3/\text{h}$.

Segundo os dados da *ALFA LAVAL*, esta IDL estaria preparada para funcionar com 2 espessadores com um caudal de $29\text{m}^3/\text{h}$ cada e duas centrífugas com um caudal de $5\text{m}^3/\text{h}$ (Anexo III), pelo que estas condições não poderiam ser obtidas sem a realização da restante alteração.

Ficou por isso decidido pela UNICER que seriam realizados ensaios para se otimizar o funcionamento da IDL dentro das limitações existentes.

3.2.4 Resolução dos problemas de operacionalidade

Após a realização dos ensaios com vista à optimização da IDL, foi estipulado um plano de funcionamento da IDL para se manterem os valores óptimos de funcionamento obtidos durante esse período.

Foram realizadas as alterações à programação do autómato:

- Os parâmetros de operacionalidade ficaram coerentes entre os dois sistemas de operação da IDL.
- A preparação de PE, dos dois tanques, passou a ser feita alternadamente.
- Em caso de avaria, começou a poder-se operar num sistema alternativo.

3.2.5 Resolução dos problemas de alimentação ao espessador

O problema da lama passar para a conduta de PE durante a lavagem, estava junto ao floculador, visto este estar no piso superior da instalação e sempre que ocorria este problema, a gravidade actuava e fazia a lama chegar ao tanque de preparação de PE. Foram apontadas duas soluções para este problema o primeiro era a colocação de válvulas de retorno à saída das bombas de PE que alimentam o espessador e a segunda seria subir-se a cota da conduta de PE que alimenta o floculador, para que esta ficasse ao mesmo nível, que a altura máxima que a lama atinge dentro do floculador. Optou-se por esta alteração visto ser mais simples e menos dispendiosa, em vez da colocação de válvulas de retorno à saída das bombas de

alimentação de PE ao espessador poderia ser um problema, uma vez que o PE tem uma elevada viscosidade, o que poderia interferir no funcionamento das válvulas.

Então a alteração efectuada, foi acrescentar tubo de forma a subir o nível, sendo essa alteração explicada no seguinte esquema ilustrativo:

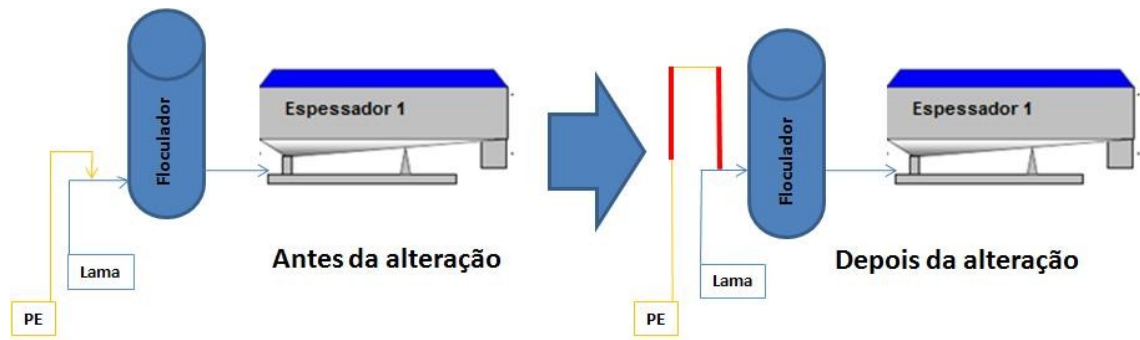


Figura 3-10 Esquema da alteração de alimentação de PE ao espessador



Figura 3-11 Alteração à conduta de alimentação de PE ao espessador

3.2.6 Resolução do problema de preparação de PE

O problema da oscilação da pressão da água da rede, foi resolvido com as duas medidas descritas anteriormente. A primeira foi a alteração da programação ao autómato para que a

preparação de PE fosse alternada entre os dois tanques e nunca em simultâneo e a instalação da válvula de controlo de pressão na conduta principal de água da rede.

O problema do TPPE ao espessador, não foi resolvido. Como a IDL utiliza o mesmo PE para espessamento e desidratação e este vem em emulsão (não precisa de um período de maturação), sendo que a concentração da diluição também é a mesma, a solução adoptada, foi a desactivação do tanque de TPPE ao espessador. Esta medida levou a que e todo o PE utilizado na IDL, apenas fosse preparado pelo TPPE das centrifugas, tendo-se alterado a respectiva conduta de PE. O anexo VI, tem o Diagrama de Engenharia da Unidade de Desidratação de Lamas da ETARI – UNICER do centro de produção de Santarém, que foi alterado (Anexo VI), estando

3.3 Ensaaios

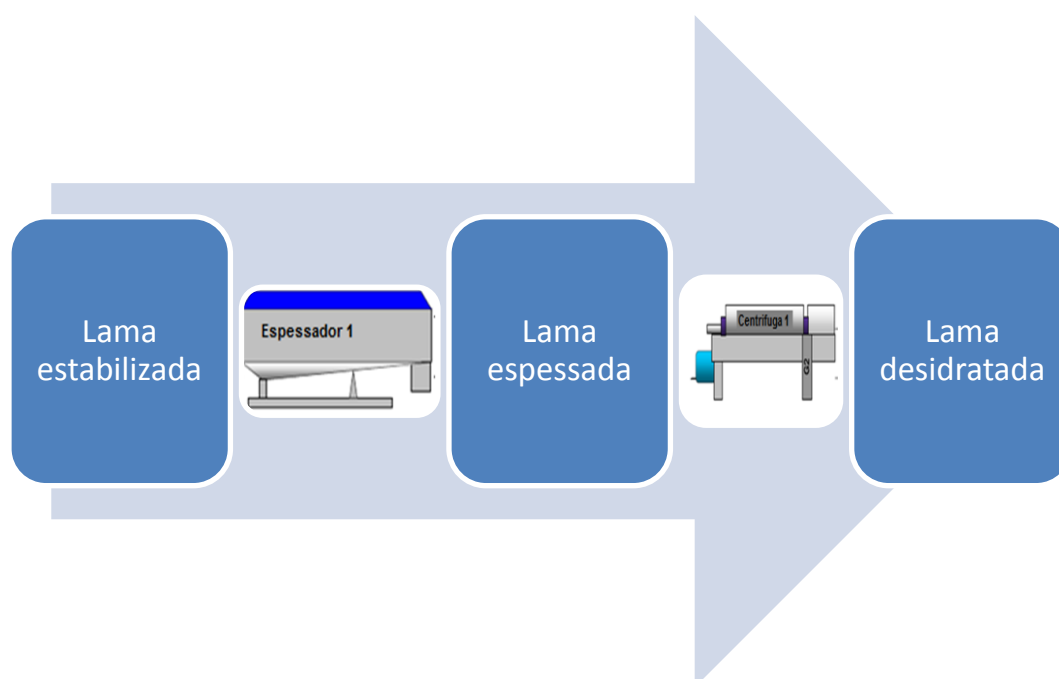
Após se terem realizado todas as alterações, vistas como necessárias, para melhorar a estabilidade e desempenho da IDL, passou-se à fase de ensaios.

A fase de ensaios consistiu na manipulação de algumas variáveis do sistema e o acompanhamento permanente do processo.

Os resultados desta fase serviram como suporte de estudo para se estabelecer um plano para melhorar o funcionamento da IDL.

3.3.1 Variáveis manipuláveis

Existem variáveis que são manipuláveis durante o processo de desidratação de lamas.



A concentração da **lama estabilizada** está dependente do processo de sedimentação no decantador secundário da ETARl. Apesar de existir um tanque para a lama estabilizada, o volume deste é insuficiente para cobrir as necessidades de lama durante o processo, daí que o volume tenha de ser repostado ao longo do processo de desidratação. Não podemos por isso manipular este parâmetro de forma a estabilizá-lo.

A **lama espessada** é controlável, visto o espessamento ser feito através de espessadores mecânicos. Existem por isso algumas variáveis manipuláveis no equipamento de espessamento que influenciam a concentração da lama espessada, tais como:

- Dosagem de PE;
- Caudal de lama no espessador;
- Velocidade do agitador no floculador;
- Velocidade de rotação do tambor de espessamento;
- Ângulo do tambor de espessamento;

Durante os ensaios realizados, neste equipamento, das manipulações possíveis, apenas não houve alterações ao ângulo do tambor de espessamento.

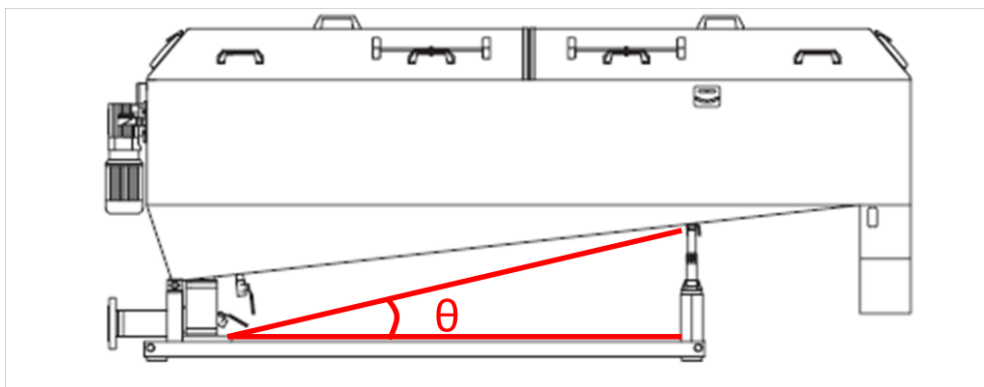


Figura 3-12 Esquema do ângulo do espessador

O ângulo θ entre o espessador e o solo, determina o tempo de residência da lama no seu interior. Este é máximo quando o ângulo é máximo, o que significa que a lama permanece mais tempo no seu interior e logo será sujeita a uma maior desidratação o que significa uma lama mais concentrada. Como o nosso objectivo era uma maximização do espessamento em função do consumo mínimo de PE, este ângulo manteve-se o maior possível.

A velocidade de agitação do floculador e a velocidade de rotação do tambor de espessamento depende do caudal de lama com que se está a operar, quanto maior este, maior deverá ser a velocidade destes dois parâmetro. Não existe nada que determine, qual a melhor, velocidade, esta apenas é verificada durante o processo de espessamento, através da quantidade de sólidos nos drenados e a concentração da lama espessada, verificada visualmente. Sempre que a velocidade é insuficiente, os drenados apresentam-se com uma muito baixa concentração de sólidos, contudo a lama desidratada apresenta-se pouco concentrada. Quando a velocidade é excessiva, os drenados ficam com uma concentração de sólidos consideráveis e a lama espessada fica concentrada. Uma vez que todo este processo é feito com lamas biológicas, existem propriedades da própria lama, que influenciam o processo de espessamento, fazendo com que o seu espessamento seja mais fácil ou mais difícil e aí deve-se operar de forma a minimizar os custos.

Dai que os parâmetros que mais tivemos em conta durante os ensaios realizados na fase de espessamento, foram a dosagem de PE e o caudal de lama. Pretendemos que estes valores estivessem próximos dos valores de projecto (Anexo III).

A **lama desidratada** é resultado de um processo de desidratação por centrifugação. No equipamento de centrifugação existem duas variáveis que apenas são controlados pela marca *Alfa – Laval* que são: a velocidade de rotação do motor do equipamento e as placas que controlam a altura do líquido dentro do tambor da centrifuga. Durante os ensaios as variáveis que manipulámos foram:

- Caudal de lama
- Dosagem de PE
- Velocidade diferencial, para que o equipamento trabalhasse sempre com torque elevado.

3.3.2 Metodologia dos ensaios

O processo de desidratação é um processo descontínuo, isto porque nem sempre é preciso desidratar lama e por outro lado, quando é necessário, uma vez que a lama vai sendo depositada numa galera, sempre que esta atinge o limite, terá de ser despejada, tendo por isso a IDL de parar. Nesta fase de testes, foram realizados vários ensaios de uma forma continua, isto é, sem que a IDL tenha parado, com várias manipulações de forma a conseguirmos atingir os valores propostos pela marca (Anexo III). Durante cada ensaio houve uma monitorização constante de todo o processo, bem como recolhas de amostras, para serem analisadas. No

final de cada ensaio, ou seja, quando a IDL era parada, para ser descarregada a lama desidrata que estava depositada, tínhamos dois resultados.

- Um **resultado real**, que era baseado no peso de lama que conseguimos, o PE utilizado, o tempo que o ensaio durou e a %MS;
- Um **resultado teórico**, baseado, nos resultados às análises das amostras recolhidas durante o ensaio junto aos equipamentos.

Dai que no final era sempre comparado o valor teórico com o real, para se calcular o rendimento do processo.

3.3.3 Métodos das análises das amostras

A recolha das amostras foi efectuada sempre da mesma forma e a sua análise foi realizada seguindo sempre o mesmo método.

O método de para determinar a quantidade de matéria seca nas amostras, foi o método implementado pela UNICER nas suas ETARI.

Método consiste em:

1. Pesar a cápsula de recolha da amostra (Tarar o peso da cápsula)
2. Pesar 25-50g da amostra na cápsula (peso amostra húmida)
3. Colocar na estufa a 105°C, durante 24h
4. Retirar da estufa e deixar arrefecer no exsicador
5. Pesar novamente (resíduo seco)
6. Calcular a % de matéria seca

Fórmula de cálculo da MS

$$\%_{MS} \left(\frac{\text{grama soluto}}{\text{grama solução}} \right) = \frac{(\text{Peso do resíduo seco} + \text{cápsula}) - \text{Peso da cápsula}}{(\text{Peso da amostra húmida} + \text{peso da cápsula}) - \text{peso cápsula}} \times 100$$

Equação 3-1 Determinação da % de sólidos totais

Para se determinar a concentração do PE, o método utilizado é o mesmo, apenas a quantidade de PE é maior, são cerca de 100g e o tempo de permanência na estufa, é de 48 horas.

3.3.4 Método de cálculo

Para tratar os dados recolhidos nesta fase, utilizou-se o Excel. Seguidamente vão ser enunciadas as fórmulas utilizadas nos cálculos.

Para a parte dos resultados teóricos, ou seja os resultados que obtivemos durante os ensaios, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

3.3.4.1 *Rácio $\frac{Q_{PE}}{Q}$*

De forma a termos uma melhor percepção sobre a dose de PE utilizada no processo de desidratação, foi calculado um rácio:

$$\frac{Q_{PE}}{Q_L} = \frac{\text{Caudal de PE } \left(\frac{m^3}{hora}\right)}{\text{Caudal de lama } \left(\frac{m^3}{hora}\right)} * 100$$

Equação 3-2 Rácio de caudais de desidratação

3.3.4.2 *Carga teórica da centrífuga*

Esta equação traduz a quantidade de sólidos por hora no equipamento, tendo sido deduzida da seguinte forma:

$$\text{Carga cent. } \left(\frac{kg}{h}\right) = Q_{Lama} \left(\frac{m^3}{h}\right) \times \%_{lama \text{ esp.}} \left(\frac{g \text{ soluto}}{g \text{ solução}}\right) \times \rho_{\text{água}} \left(\frac{g}{cm^3}\right) \times \left(\frac{1 \text{ kg soluto}}{10^3 g \text{ soluto}}\right) \times \left(\frac{10^6 cm^3}{m^3}\right)$$

Equação 3-3 Dedução da carga teórica da centrífuga

$$\text{Carga cent. } \left(\frac{kg}{h}\right) = Q_{Lama} \left(\frac{m^3}{h}\right) \times \%_{lama \text{ esp.}} \times 1000$$

Equação 3-4 Carga teórica da centrífuga

3.3.4.3 *Carga teórica do espessador*

Da mesma forma a carga do espessador é dada por:

$$\text{Carga esp. } \left(\frac{kg}{h}\right) = Q_{Lama} \left(\frac{m^3}{h}\right) \times \%_{lama \text{ estab.}} \times 1000$$

Equação 3-5 Carga teórica do espessador

3.3.4.4 *Dose teórica de PE na centrífuga*

O PE fornecido é 50% activo, daí que se tenha tido isso em conta, tendo-se efectuado a conversão, para que este valor fosse concordante com os dados de projecto (AnexoIII). Para isso multiplicámos por 50%.

$$\text{Dose PE} \left(\frac{\text{kg}_{\text{PE}}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) = \left[\frac{\%_{\text{Conc. PE}} \times Q_{\text{PE}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{\%_{\text{lama esp.}} \times Q_{\text{Lama}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)} \right] \times 1000 \times 50\%$$

Equação 3-6 Dose teórica de PE na centrífuga

3.3.4.5 Dose teórica de PE no espessador

Enquanto o caudal de PE às centrífugas é controlado de forma directa sobre a bomba (secção 2.2), o caudal de PE à unidade de espessamento é controlado através de um rácio, para que quando haja variações de caudal de lama ao espessador, a dose de PE se mantenha constante. Dai que apenas se introduza o valor da % pretendida, que não é mais do que o seguinte rácio:

$$\%_{\text{PE}} = \frac{Q_{\text{PE}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{Q_{\text{Lama}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)} \times 100$$

Equação 3-7 % de PE na alimentação do espessador

De forma análoga às centrífugas, a dose teórica de PE utilizada no espessamento é dada pela fórmula:

$$\text{Dose PE} \left(\frac{\text{kg}_{\text{PE}}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) = \left[\frac{\%_{\text{Conc. PE}} \times Q_{\text{PE}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{\%_{\text{lama estab.}} \times Q_{\text{Lama}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)} \right] \times 1000 \times 50\%$$

Equação 3-8 Dose teórica de PE no espessador

Como a forma de manipularmos a dose de PE é diferente, podemos reorganizar a equação e ficamos com:

$$\text{Dose PE} \left(\frac{\text{kg}_{\text{PE}}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) = \left[\frac{\%_{\text{Conc. PE}} \times \%_{\text{PE}}}{\%_{\text{lama esp.}}} \right] \times 1000 \times 50\%$$

Equação 3-9 Dose teórica de PE no espessador (final)

3.3.4.6 Dose teórica de PE utilizado na desidratação

Uma vez sabendo as doses de PE utilizado no espessador e na centrífuga a dose total será dada pela soma das duas parcelas:

$$\text{Dose PE} = \text{Dose PE}_{\text{espessador}} + \text{Dose PE}_{\text{centrífuga}}$$

Equação 3-10 Dose teórica de PE utilizado na desidratação

Para os resultados reais, ou seja, o que na realidade obtivemos, utilizamos as seguintes fórmulas:

3.3.4.7 Carga real de PE utilizado na desidratação

Com esta fórmula pretende-se saber quantos kg de MS existem no final de cada carrada

$$\text{Carga da centrífuga} \left(\frac{Kg \text{ MS}}{\text{Carga}} \right) = \frac{\text{Massa de lama no final do processo (Kg)} \times \%_{\text{MS}}}{100}$$

Para se saber a carga real da centrífuga utiliza-se a seguinte formula:

$$\text{Carga centrífuga} \left(\frac{Kg \text{ MS}}{\text{h}} \right) = \frac{\text{Carga da centrífuga} \left(\frac{Kg}{\text{Carga}} \right)}{\text{número de horas de funcionamento da centrífuga}}$$

Equação 3-11 Carga real da centrífuga

3.3.4.8 Dose real de PE utilizado na desidratação

$$\text{Dose real PE} \left(\frac{\text{kg}_{\text{PE}}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) = \left[\frac{\text{cm}_{\text{PE}} \times 11,2 \text{ (kg)}}{\frac{\text{Carga da centrífuga} \left(\frac{Kg}{\text{Carga}} \right)}{1000}} \right] \times 50\%$$

Equação 3-12 Dose real de PE

O tanque onde o PE é fornecido tem uma forma cúbica e é aferido volumetricamente. Dai que segundo a marca que o fornece, 1cm em altura do tanque, equivale a 11,2kg de PE.

3.3.4.9 Captura da centrífuga

No PD, apenas há perdas significativas de lama através dos drenados, na centrifugação, enquanto que no processo de espessamento isso quase não se verifica. Dai que tenham sido desprezadas as perdas de lama pelo espessamento e este cálculo serve como rendimento do processo de centrifugação.

$$\text{Captura da centrífuga} = \frac{\text{Carga real} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)}{\text{Carga teórica} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)} \times 100$$

Equação 3-13 Captura da centrífuga

3.3.4.10 Margem de erro no consumo de PE teórico em relação ao real

Este calculo serve para se perceber a diferença de consumo dentre o consumo real e o teórico, que representa as perdas de PE através dos drenados

$$\text{Margem erro consumo PE teórico vs. real} = \left(1 - \frac{\text{Dose teórica de PE } \left(\frac{\text{kg}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right)}{\text{Dose real de PE } \left(\frac{\text{kg}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right)} \right) \times 100$$

Equação 3-14 Margem de erro no consumo de PE teórico em relação ao real

3.3.4.11 Desvio no consumo de PE em relação ao valor proposto

Segundo o balanço de massas (Anexo III), no total seriam consumidos 11kgPe/tonMs.

$$\text{Desvio no consumo de PE em relação ao proposto} = \left(1 - \frac{11 \left(\frac{\text{kg}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right)}{\text{Dose total real de PE } \left(\frac{\text{kg}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right)} \right) \times 100$$

Equação 3-15 Desvio no consumo de PE em relação ao valor proposto

3.3.5 Resultados dos ensaios

Segundo o balanço de massas da *Alfa-Laval* (Anexo III), esta IDL operaria segundo os seguinte valores:

Tabela 3-1 Dados propostos pela Alfa Laval

Espessador	
Caudal de lama	29 m ³ /h
Carga	290 kg/h
Dose PE	3 kg/tonMS
Centrífuga	
Caudal de lama	5 m ³ /h
Carga	275 kg/h
Dose PE	8 kg/tonMS

Sendo que o espessador seria carregado com 290kg lama/h e sairiam 275kg lama/h, ou seja haveria 5% de perdas, que saiam pelos drenados. Da mesma forma a centrífuga seria alimentada com 275 kg lama/h e desta apenas saiam 266 kg lama /h, haveria neste caso uma perda de 3,27%.

Tabela 3-2 Resumo dos resultados obtidos nos ensaios

Ensaio	Anexo	Data	horas Cent.	horas esp.	Kg lama	cm PE	média % _{MS}	Resultados reais da centrífuga			Resultados teóricos		Captura da Cent.	margem erro consumo PE teórico Vs real	Desvio no consumo de PE em relação ao proposto
1	VII	28-04-2010	20	20	21000	8,0	18,3%	11,66	3843,0	192,2	10,49	206,7	93,0%	10%	6%
2	VIII	30-04-2010	20	20	20800	9,5	18,2%	14,03	3792,5	189,6	11,98	265,6	71,4%	15%	22%
3	IX	03-05-2010	17	17	20340	10,5	19,3%	15,00	3920,5	230,6	13,31	262,5	87,9%	11%	27%
4	X	05-05-2010	20	20	21060	9,0	19,1%	12,53	4022,5	201,1	12,33	233,8	86,0%	2%	12%
5	XI	06-05-2010	16	16	19200	8,0	18,7%	12,50	3582,7	223,9	12,40	247,0	90,7%	1%	12%
6	XII	08-05-2010	17	17	19220	9,0	19,8%	13,25	3803,2	223,7	13,17	242,5	92,3%	1%	17%
7	XIII	11-05-2010	22	22	18940	10,0	18,7%	15,85	3532,3	160,6	13,68	262,5	61,2%	14%	31%
8	XIV	13-05-2010	26	26	22340	10,0	18,5%	13,55	4132,9	159,0	12,34	210,0	75,7%	9%	19%
9	XV	15-05-2010	30	30	17940	8,0	18,5%	13,50	3318,9	110,6	12,77	134,8	82,1%	5%	19%
10	XVI	20-05-2010	32	33	21620	10,0	20,1%	12,87	4352,8	136,0	12,38	143,3	94,9%	4%	14%
11	XVII	22-05-2010	28	30	21360	9,0	20,6%	11,47	4393,0	156,9	9,90	186,7	84,1%	14%	4%
12	XVIII	25-05-2010	26	26	18060	7,0	20,0%	10,85	3612,0	138,9	9,23	230,0	60,4%	15%	-1%
13	XIX	26-05-2010	18	20	10300	4,0	20,1%	10,82	2070,3	115,0	10,66	175,0	65,7%	1%	-2%
14	XX	27-05-2010	26	30	22060	9,0	20,0%	11,45	4401,0	169,3	10,74	172,5	98,1%	6%	4%
15	XXI	28-05-2010	22	25	19140	7,0	20,0%	10,23	3831,2	174,1	9,83	188,3	92,5%	4%	-8%
16	XXII	01-06-2010	31	32	18740	7,0	20,0%	10,46	3748,0	120,9	8,59	240,0	50,4%	18%	-5%
17	XXIII	02-06-2010	32	36	19340	8,0	20,1%	11,52	3887,3	121,5	10,67	150,0	81,0%	7%	5%
18	XXIV	04-06-2010	32	35	19740	8,5	20,4%	11,82	4027,0	125,8	10,67	150,0	83,9%	10%	7%

3.3.6 Discrição e discussão dos resultados

O PD tem bastante inércia, ou seja é necessário tempo para que surjam os efeitos da manipulação das variáveis. Isto acontece principalmente na parte de espessamento de lama, visto a lama à medida que vai sendo espessada, vai sendo depositada num tanque com uma capacidade de 6m^3 . O facto de termos este tanque tampão faz com que uma alteração às variáveis do espessador, de forma a se obter uma lama mais ou menos espessa demore um certo tempo até se faz sentirem. Este é o tempo necessário para se obter uma concentração homogénea dentro do tanque, ou seja, caso o tanque esteja vazio os efeitos da manipulação far-se-ão sentir rapidamente, caso o tanque esteja com lama, é necessário esperar algum tempo até se obter uma concentração constante.

Pretende-se que o PD seja um processo continuo isto é, o pretendido é que nem as centrífugas parem por falta de lama no tanque de lamas espessadas, nem que os espessadores parem por este estar cheio. Quando ocorre a paragem por estes motivos, apenas as bombas de alimentação de lama e de PE deixam de funcionar, sendo que os equipamentos principais (espessador e centrífuga) mantêm-se a funcionar durante cerca de 20 min e caso após este período a situação que fez com que parte do processo ficasse suspenso, não esteja resolvida, os equipamentos entram automaticamente em lavagem como medida de manutenção. Dai que tenhamos um gasto energético inútil e caso os equipamentos entrem em lavagem será necessário esperar-se cerca de 30min até o processo estar terminado e apenas após a lavagem o PD tem inicio novamente. Durante esta fase, também não se quis operar com os espessadores em modo de funcionamento “por nível”, visto o pretendido ter sido que houvesse um caudal constante de alimentação ao espessador.

Pretende-se também que os drenados/escorrências quer das centrífugas, quer dos espessadores apresentem o mínimo de lama possível, visto quanto mais lama estes apresentarem, mais lama estamos a enviar novamente para a ETARI, é uma quebra de rendimento, sendo que houve gasto de energia e de PE

Em relação às análises, a amostra recolhida corresponde às alterações efectuadas no período anterior, ou seja, as alterações eram feitas no inicio de cada período, eram registados os valores das variáveis e era esperado o tempo necessário até se ver que o processo estivesse de novo estabilizado e só ai se recolhia a amostra. No arranque eram feitas as alterações necessárias até se conseguir ter um processo estável, isto é a trabalhar sem interrupções, só a partir daí é que se procedia ao teste.

3.3.6.1 Ensaio 1

Depois de feitas as alterações à IDL, iniciou-se a fase de testes, tendo este primeiro ensaio o objectivo de estudar a resposta da centrífuga a diferentes concentrações de lama. Para isso manipulou-se o espessador de forma a obter lamas com diferentes espessamentos

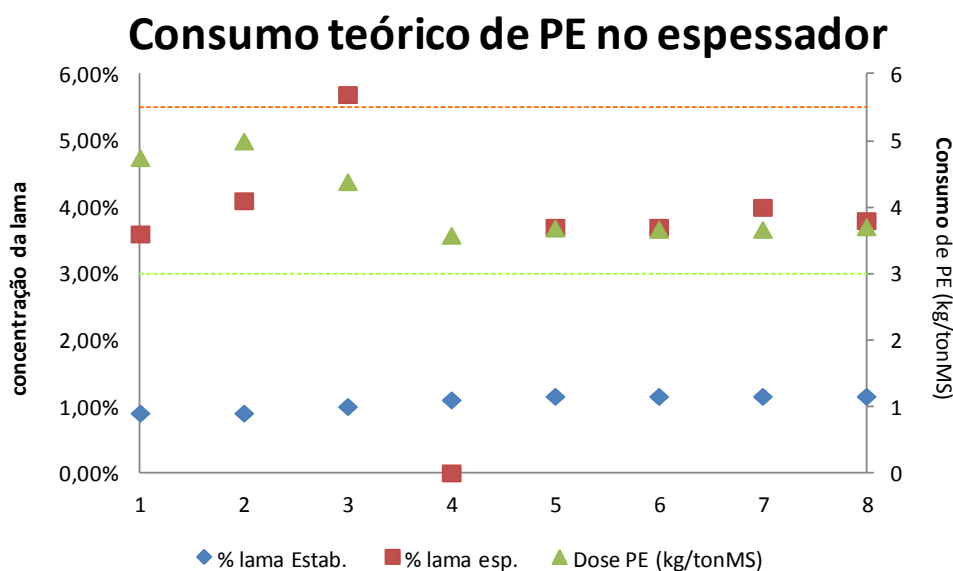


Figura 3-13 Consumo teórico de PE no espessador durante o ensaio 1

O consumo do PE foi sempre superior ao valor de projecto (3 kg PE/ton_{MS}) e apesar disso apenas durante um curto período do ensaio conseguiu-se obter valores de espessamento próximos dos dados de projecto (5.5%).

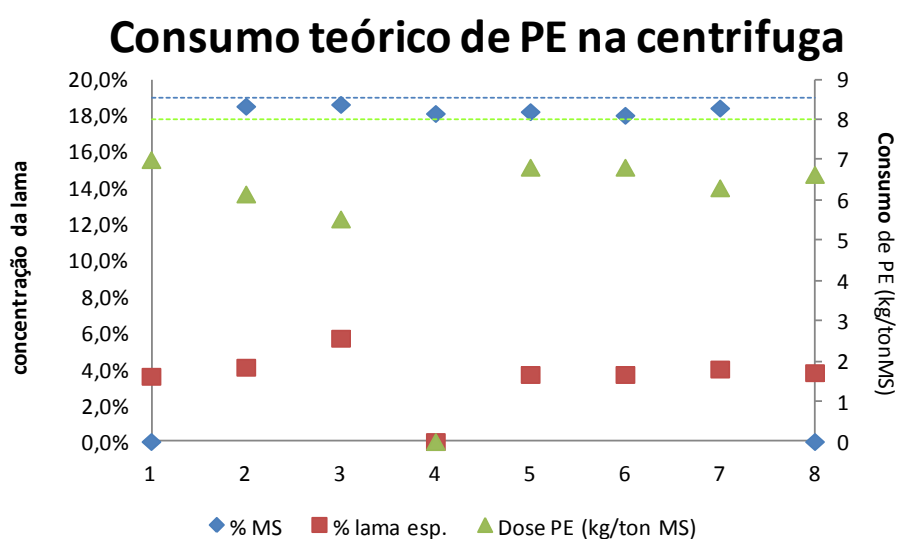


Figura 3-14 Consumo teórico de PE no espessador durante o ensaio 1

Em relação ao desempenho da centrífuga, esta teve dificuldade em operar com lamas mais espessas, que foi durante o ensaio 2 e o ensaio 3, sendo que durante esse tempo, os drenados apresentavam-se bastante carregados de lama. Contudo o consumo de PE foi abaixo do limite previsto.

Apesar de termos obtido um valor médio de matéria seca 18,3%, este foi cerca de 4% abaixo do valor de projecto (19%).

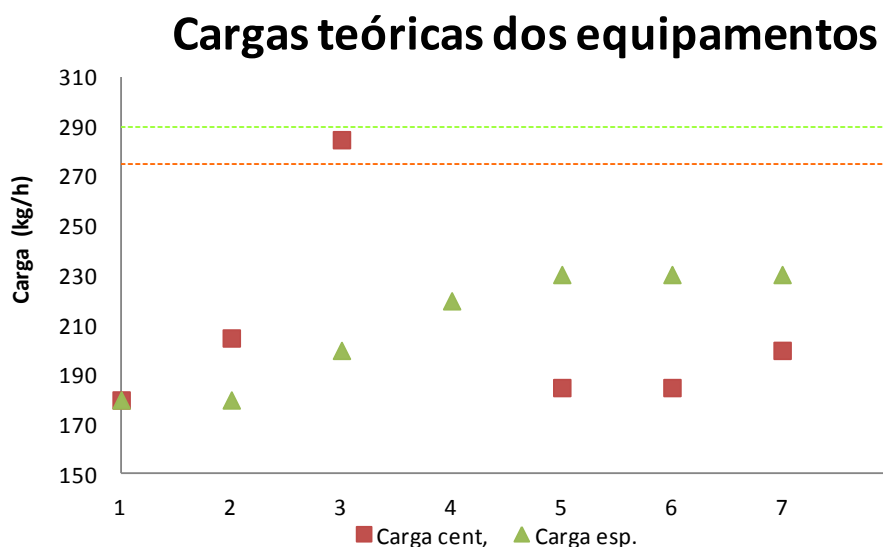


Figura 3-15 Cargas teóricas dos equipamentos durante o Ensaio 1

Pelo gráfico podemos ver que neste ensaio as cargas do equipamento foram quase sempre inferiores aos valores de projecto

Como primeira análise percebeu-se que a resposta das centrífugas a lama mais espessa, isto é, aumentando a carga da centrífuga, não era a melhor, visto os drenados saírem carregados. Contudo o rendimento destas foi de 93% e a dosagem média de PE foi de 6,4 (kg/tonMS), cerca de 20% abaixo do limite.

Houve uma margem de erro de 10% no consumo teórico em relação ao real, sendo que este valor corresponde a perdas de PE principalmente do espessamento, visto na centrifugação estarmos a gastar menos do que o previsto. Neste ensaio consumiu-se mais 5,6% de PE do que era proposto

3.3.6.2 Ensaio 2

Com o ensaio 2, pretendeu-se novamente operar as centrífugas com cargas elevadas, tentando melhorar a resposta destas (%MS) através do aumento da dosagem de PE.

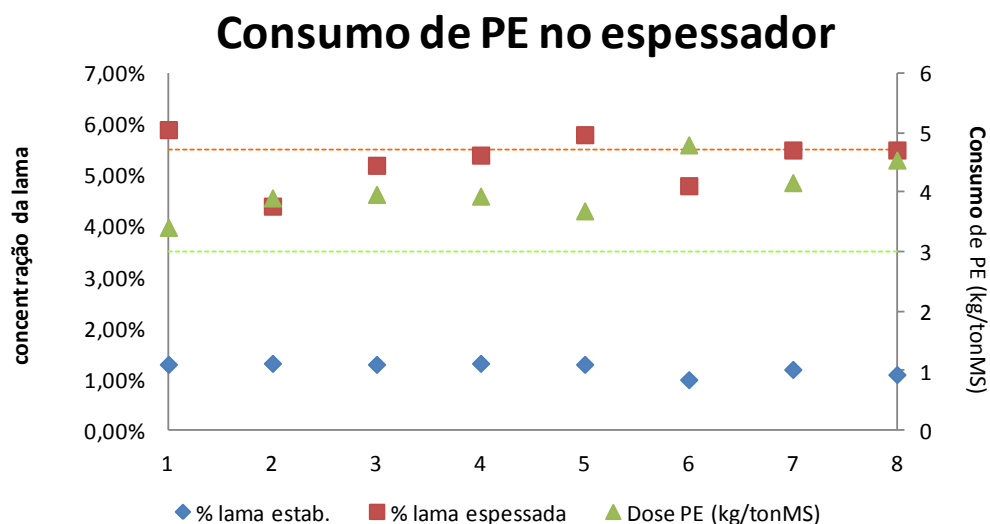


Figura 3-16 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 2

Mais uma vez, para espessarmos a lama o mais próximo dos dados de projecto, houve necessidade de se gastar mais PE do que o pretendido. Notou-se novamente uma oscilação de concentração em relação à lama estabilizada. Mais uma vez durante todo o ensaio os drenados da centrífuga apresentaram-se carregados

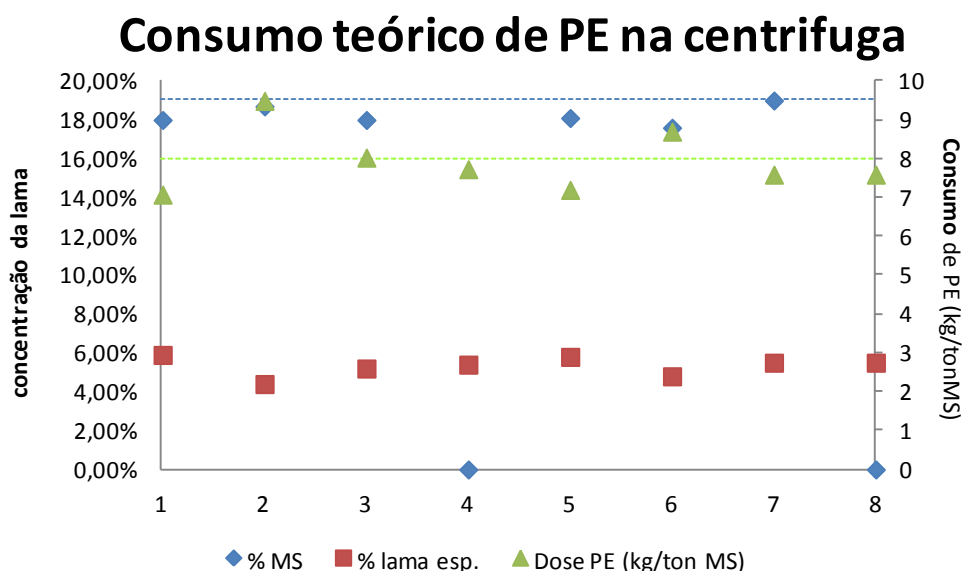


Figura 3-17 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 2

Neste ensaio as doses de PE na centrifugação subiram em relação ao ensaio um, contudo o valor médio da dosagem de PE nesta etapa foi de 7,9 (kg/tonMS), praticamente o limite que pretendido. Esta dose subiu, visto se ter aumentado o caudal de PE à centrífuga, para

compensar em parte o facto da lama espessada estar mais concentrada e para tentar obter um melhor resultado na lama desidratada.

Em relação à matéria seca a média desta foi de 18,2%, que foi apenas 4% abaixo do limite proposto

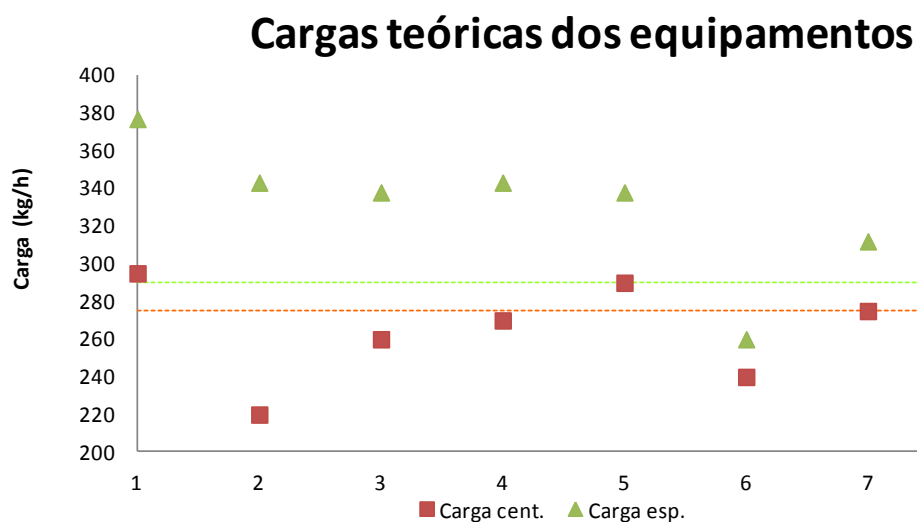


Figura 3-18 Cargas teóricas dos equipamentos durante o Ensaio 2

Neste ensaio a carga do espessador foi sempre superior ao limite proposto e a da centrífuga andou sempre próxima do valor limite. Houve perda de lama no processo de centrifugação através dos drenados, o que fez com que a captura da centrífuga fosse de 71,4% (muito abaixo dos 93% obtidos no ensaio 1).

Gastando mais PE na centrifugação, não se obtiveram melhores resultados, visto uma vez mais as centrifugas não terem tido o melhor desempenho com cargas elevadas.

A margem de erro no consumo de PE teórico Vs. Real foi de 15% de PE (mais 5% do que no ensaio 1), ou seja houve perdas de PE pelos drenados.

Consumiu-se mais 21,6% de PE do que seria desejado

3.3.6.3 Ensaio 3

Neste ensaio pretendeu-se aumentar a %MS.

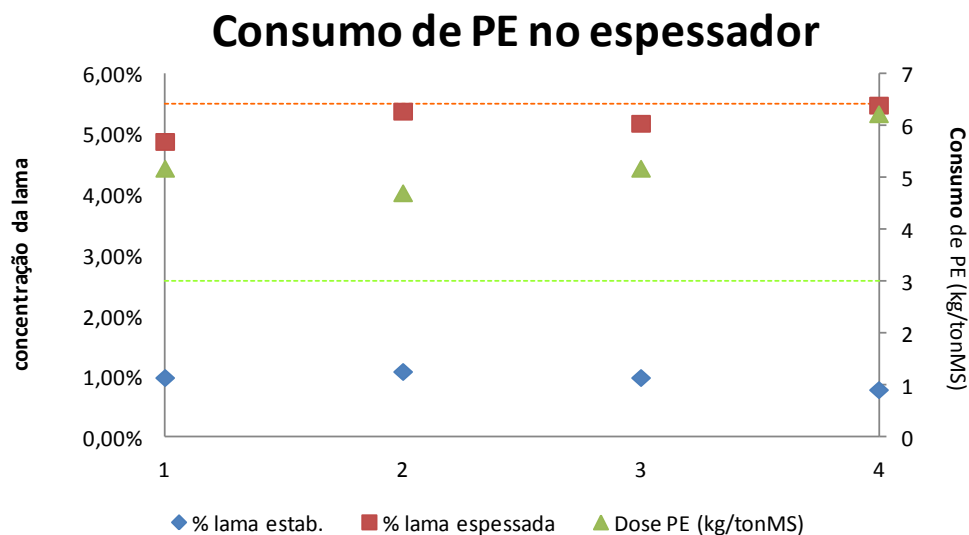


Figura 3-19 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 3

Para se obter o espessamento pretendido, foi novamente necessário utilizar-se uma dose de PE superior ao proposto.

Foi novamente verificada uma oscilação em relação à lama estabilizada.

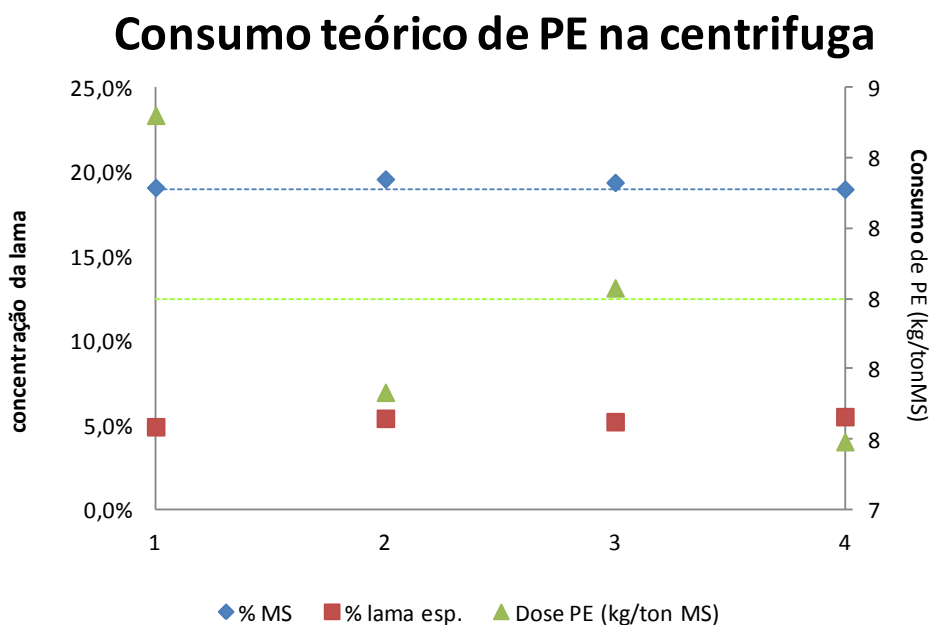


Figura 3-20 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 3

Neste ensaio não foi aumentado o caudal de PE à centrífuga e o facto da concentração da lama espessada se manter praticamente idêntico ao ensaio anterior fez com que a dose de PE se mantivesse novamente perto do valor limite.

Em relação à matéria seca obteve-se uma média de 19,3%, ou seja 1,4% acima do valor limite.

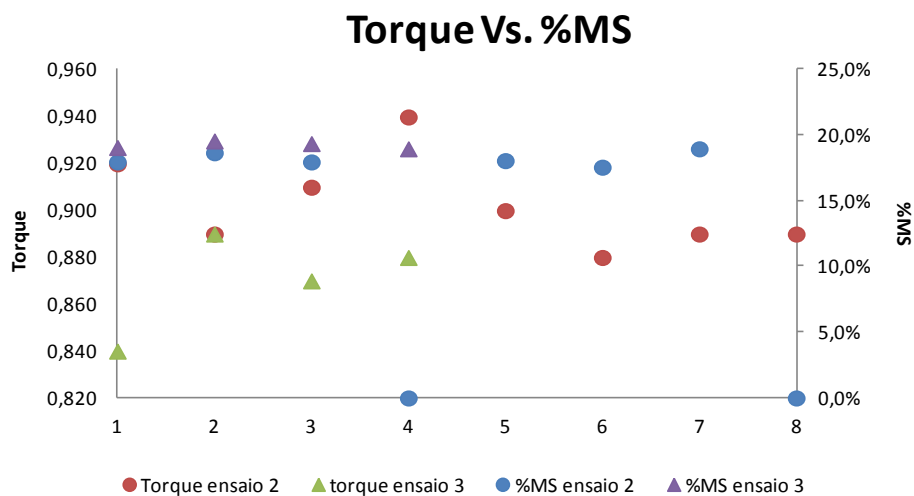


Figura 3-21 Variação do torque na centrífuga em relação à %MS durante o Ensaio 3

Apesar de só termos retirado 4 amostras, o torque da centrífuga no ensaio 3 desceu ligeiramente em relação ao ensaio 2, tendo sido essa a razão apontada para a melhoria na desidratação da lama final

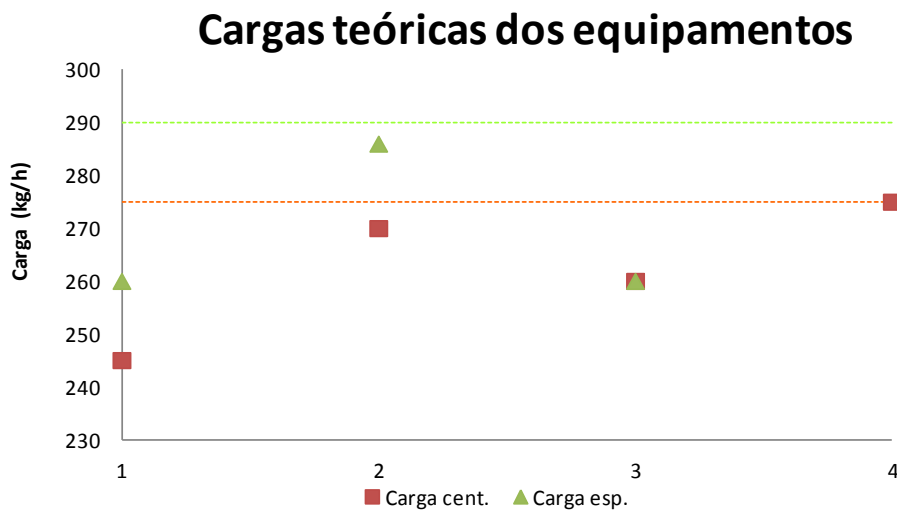


Figura 3-22 Carga teórica dos equipamentos durante o Ensaio 3

Como pretendido as centrífugas operaram novamente com cargas elevadas, contudo em relação ao ensaio 2, a captura da centrífuga, aumentou para 87,9%, ou seja houve menos perdas de lama nos drenados. Contudo os drenados continuaram a ter uma percentagem significativa de lama.

Neste ensaio foi conseguido melhorar a captura da centrífuga bem como a margem de erro no consumo melhorou, o que significa menos perdas de PE pelos drenados. Contudo o desvio de consumo em relação ao proposto subiu, passando a ser de 26,7%

3.3.6.4 Ensaio 4

O objectivo deste ensaio vem na mesma linha dos anteriores, contudo pretendeu-se melhorar a qualidade dos drenados e baixar o consumo de PE

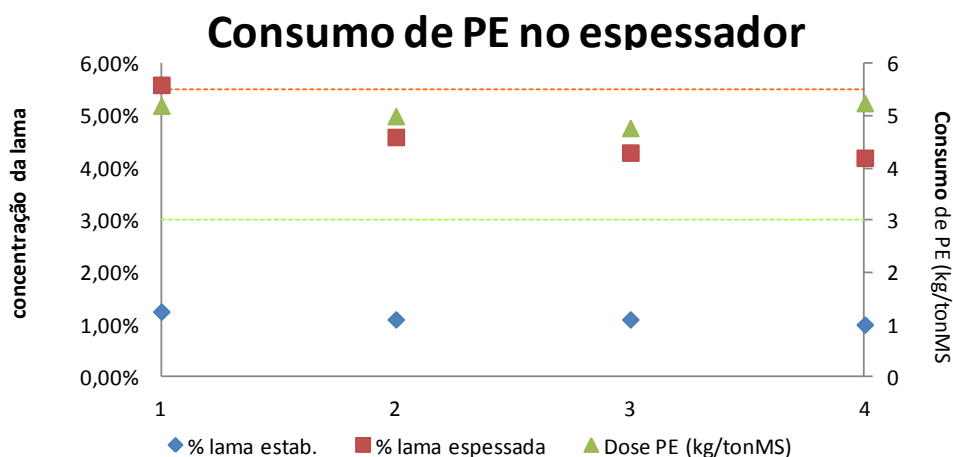


Figura 3-23 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 4

Neste ensaio pretendeu-se obter uma lama menos espessa do que o valor proposto de forma a baixar a carga da centrífuga, mesmo assim foi necessário continuar-se a gastar mais PE do que o valor proposto.

Registou-se novamente uma oscilação da lama estabilizada.

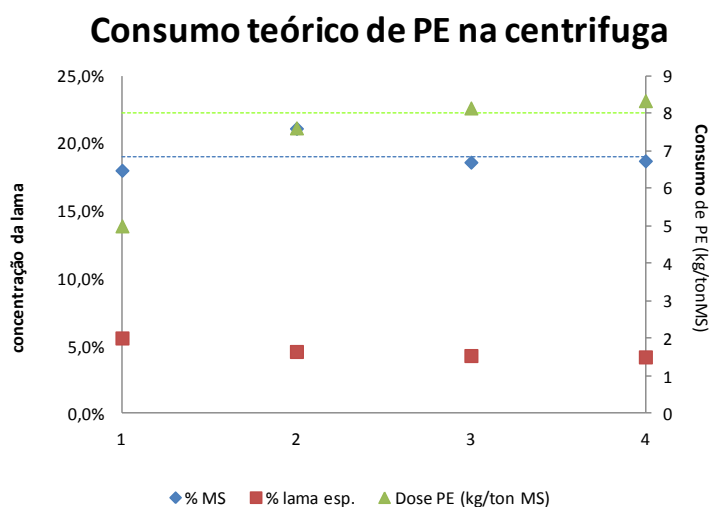


Figura 3-24 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 4

Os consumos de PE na centrífuga, foi em média de 7,27 (kg/tonMS), que é ligeiramente abaixo do valor proposto

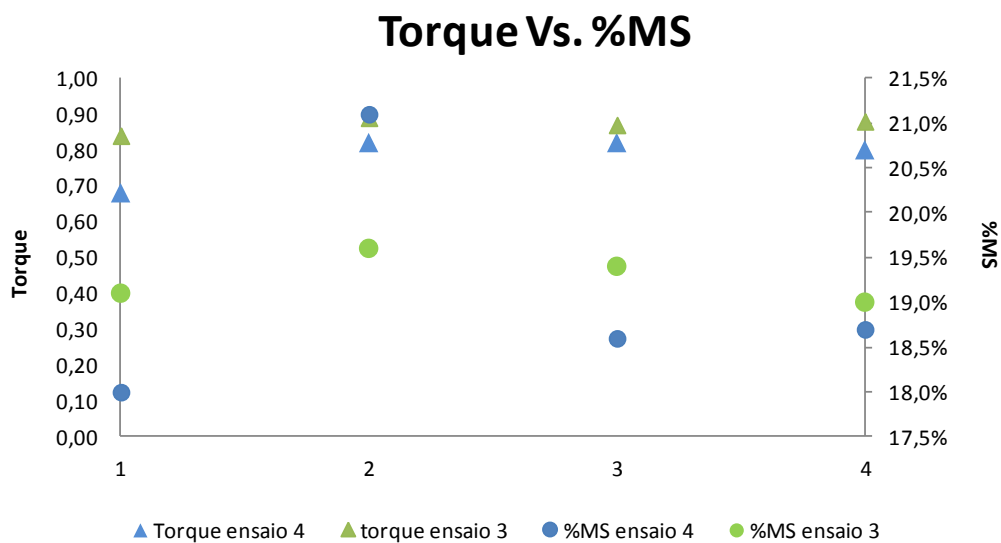


Figura 3-25 Variação do torque na centrífuga em relação à %MS durante o Ensaio 4

A matéria seca e o torque da centrífuga, mantiveram-se dentro dos mesmos valores do ensaio 3.

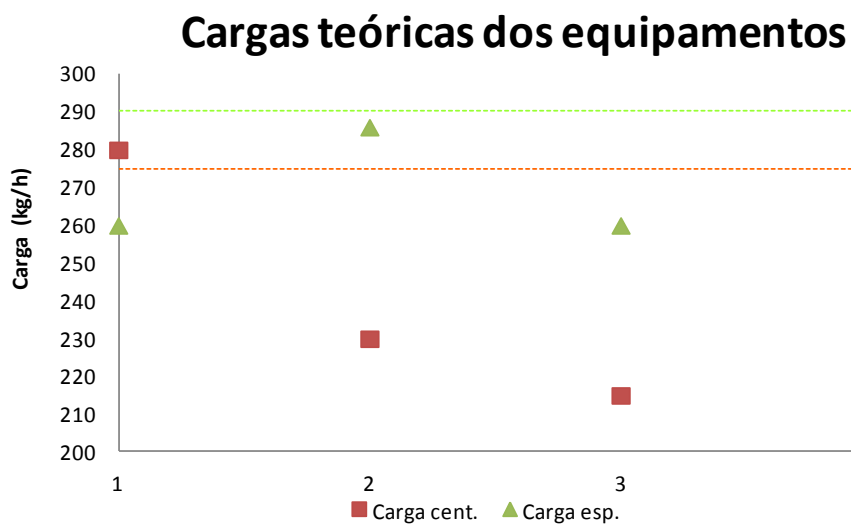


Figura 3-26 Cargas teóricas dos equipamentos durante o Ensaio 4

Como se espessou menos a lama, fez com que a carga da centrífuga baixasse ligeiramente. Esta diminuição de carga reflectiu-se nos drenados que apresentaram quantidades de lama pouco significativas.

Este ensaio teve praticamente o mesmo valor de captura do ensaio 3. Registou-se sim uma melhoria nas perdas de PE que passaram a ser de 2%, bem como o desvio no consumo de PE, mesmo assim este continuou a ser 12% acima do valor proposto.

Este ensaio mostrou que era possível melhorar os drenados, bem como se percebeu que o torque óptimo das centrífugas era na gama dos 0,84-0,88.

3.3.6.5 Ensaio 5

Pretendeu-se com este ensaio manter uma carga na centrífuga dentro da mesma gama do ensaio 4, tentando melhorar o desempenho da centrífuga

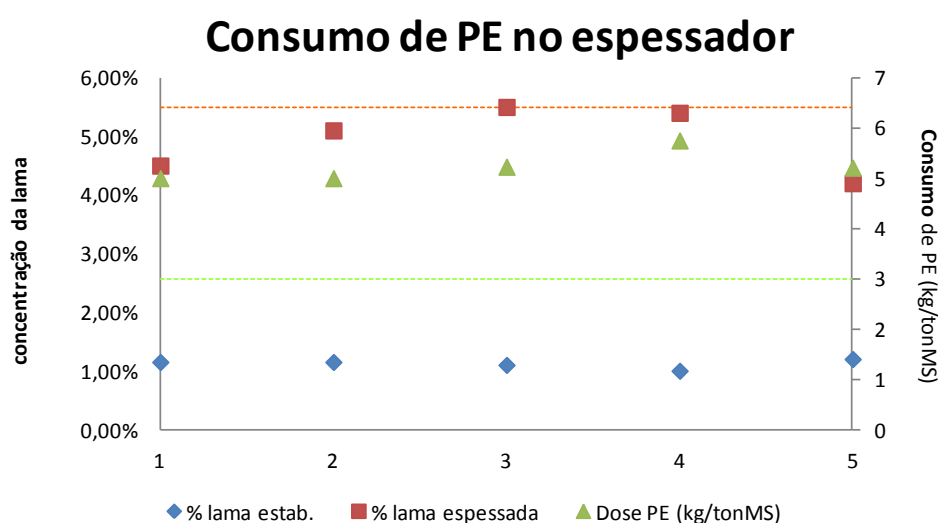


Figura 3-27 Consumo de PE teórico no espessador durante o Ensaio 5

Tal como nos ensaios anteriores, mesmo para se obter uma lama menos espessa do que o valor proposto foi necessário utilizar-se mais PE.

Continuou a registar-se uma oscilação da concentração na lama estabilizada.

Consumo teórico de PE na centrífuga

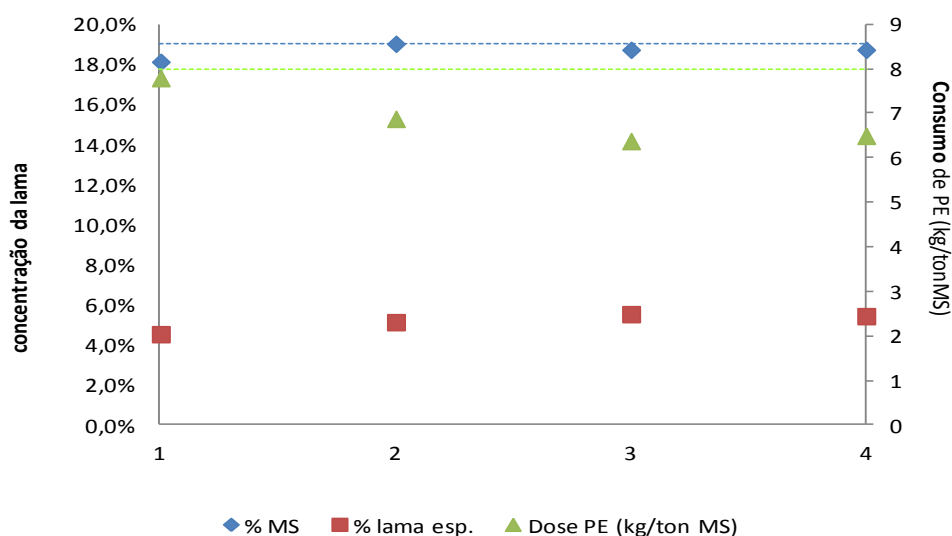


Figura 3-28 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 5

Continuou-se com uma %MS como a prevista, bem como um consumo de PE na centrífuga abaixo do proposto.

Neste ensaio as centrífugas tiveram uma melhor captura registando-se o valor de 90,7%, sendo que apenas houve 1% de perdas de PE, contudo o valor de consumo de PE continua 12% acima dos 11 kg/tonMS, como foi previsto

3.3.6.6 Ensaio 6

Este ensaio foi realizado sob as mesmas condições do ensaio anterior, pretendendo-se com isso operar novamente com uma carga elevada na centrífuga, mas tentando aumentar a %MS, tendo-se para isso utilizado mais PE na centrífuga. Ao mesmo tempo tentou-se dosear menos PE no espessador.

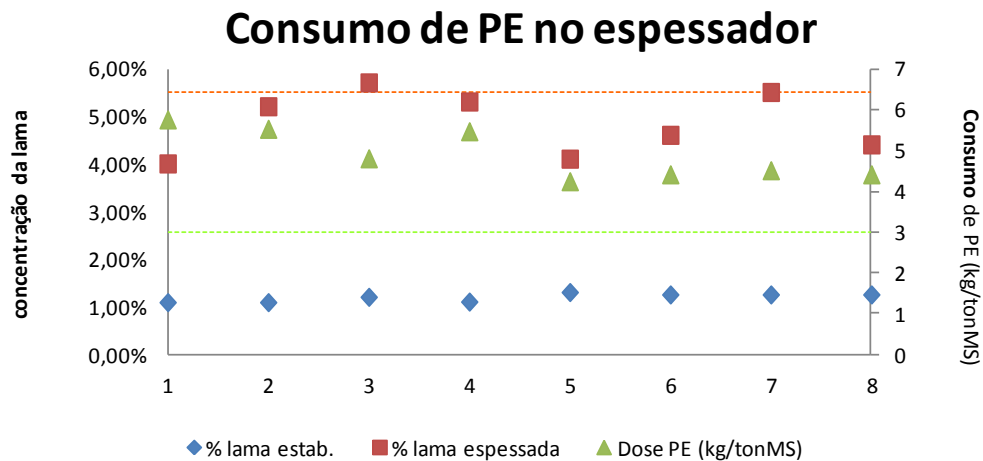


Figura 3-29 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 6

Continuou-se a dosear mais PE no espessamento do que era suposto, verificando-se novamente uma oscilação em relação à lama estabilizada.

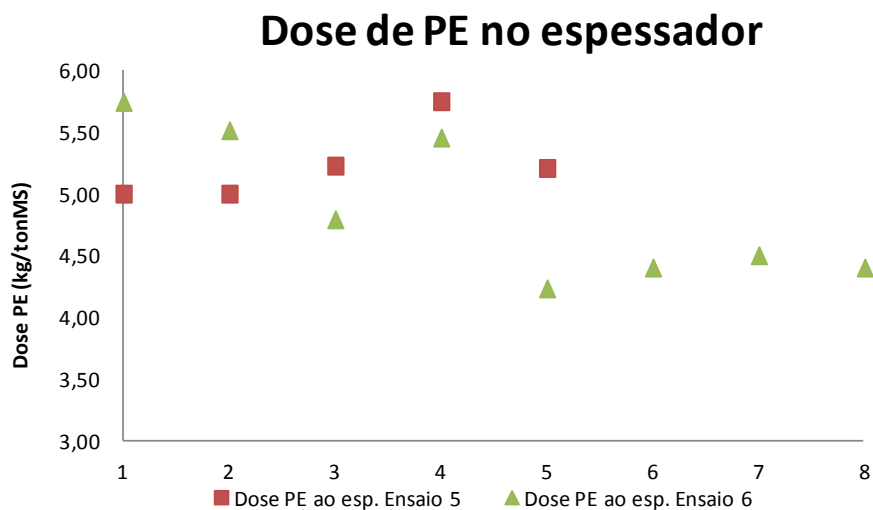


Figura 3-30 Comparações das dosagens teóricas utilizadas no espessador durante os Ensaio 5 e 6

Foi cumprido o objectivo de se baixar a dose de PE no espessamento, em média passou-se de 5,24 kg/tonMS (ensaio 5) para 4,88 kg/tonMS (ensaio 6), que foi uma melhoria de 7%

Consumo teórico de PE na centrífuga

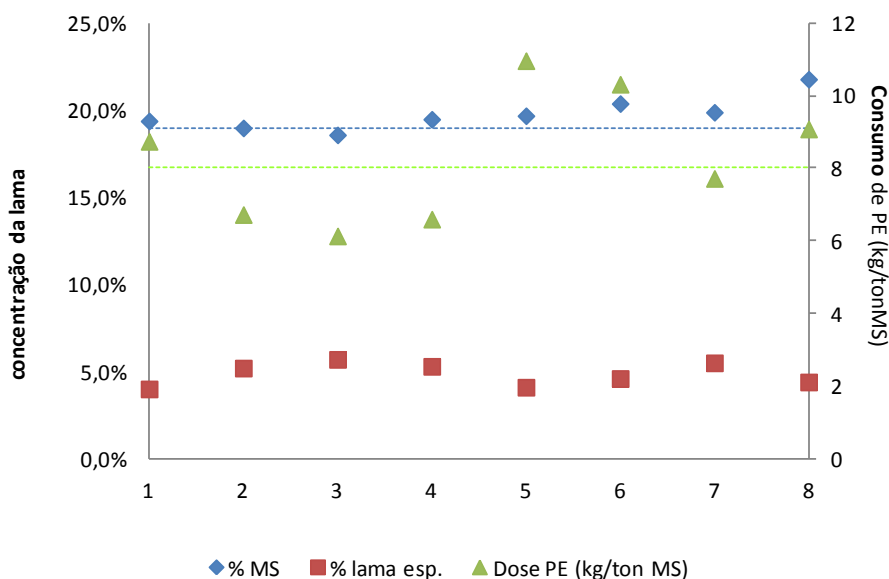


Figura 3-31 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 6

Apesar de termos aumentado o consumo de PE na centrífuga, que passou em média de 7,16 kg/tonMS (ensaio 5) para 8,29 kg/tonMS (ensaio 6), que se traduz num aumento médio de 16%.

Novamente houve uma má resposta por parte das centrífugas durante os testes 3 e 7, quando a lama espessada registou valores mais elevados, saindo novamente os drenados carregados.

Foi conseguida uma melhoria na %MS que passou a ser em média de 19,8%, ou seja 4% acima do valor proposto.

A margem de erro da dosagem real em relação à teórica foi de apenas 1%, contudo e como era esperado o consumo de PE foi 17% superior ao proposto.

3.3.6.7 Ensaio 7 a 9

Apesar de lhes ter chamado ensaios, nesta fase pretendeu-se operar com a IDL como se tratasse do funcionamento normal, tendo como base os parâmetros utilizados no ensaio 6. Uma vez que a IDL operou durante a noite sem a presença de operador, isto fez com que não houvesse alterações dos parâmetros e apenas houve recolha de duas amostras durante o processo. Serviu por isso apenas para acompanhar o processo com os parâmetros que utilizamos no ensaio 6

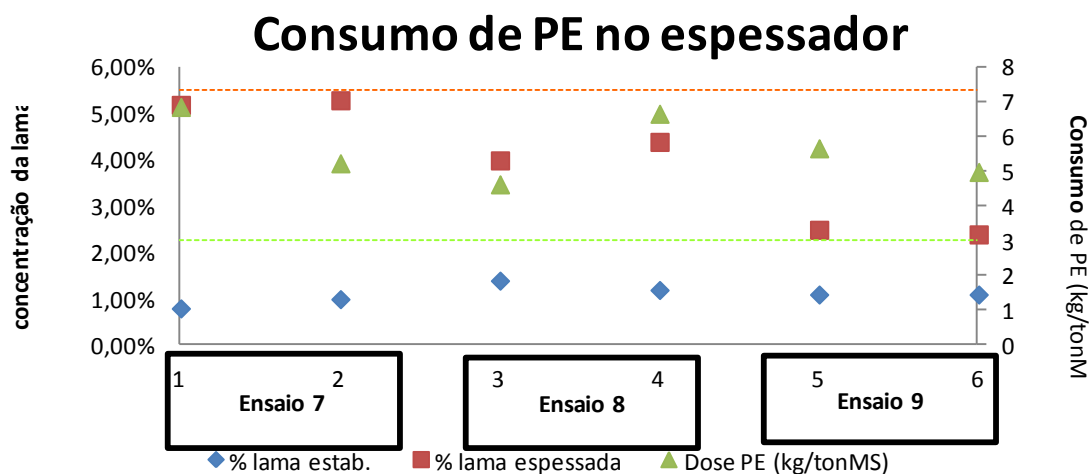


Figura 3-32 Consumo teórico de PE no espessador durante os Ensaio 7 a 9

Tal como tinha acontecido nos ensaios realizados, foi utilizado mais PE do que o proposto para espessar, contudo no ensaio 9 mesmo com o excesso de PE não se conseguiu obter o espessamento pretendido.

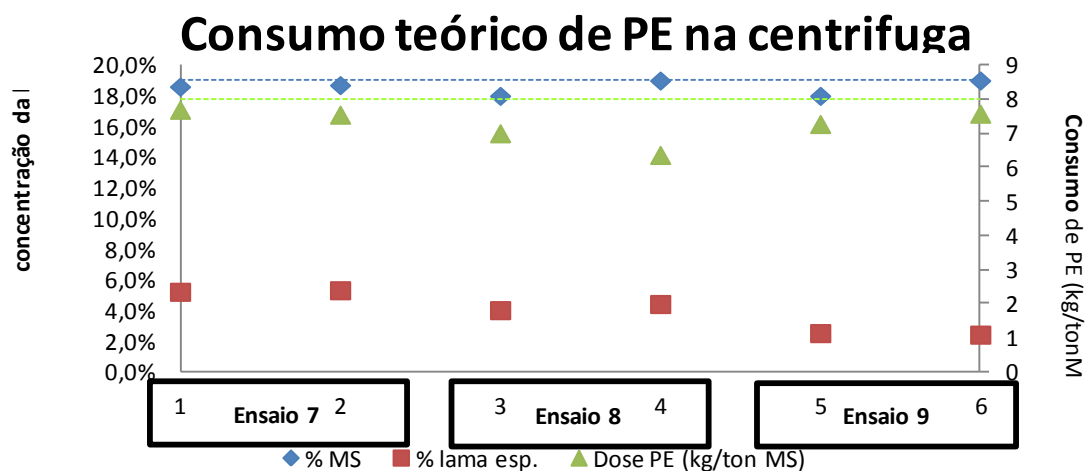


Figura 3-33 Consumo teórico de PE na centrífuga durante os Ensaios 7 a 9

Apesar de não ter havido um acompanhamento permanente do processo, a %MS manteve-se dentro dos valores proposto.

Em relação à dosagem de PE na centrifugação esta manteve-se abaixo do nível proposto.

Uma vez que a dificuldade em se espessar lama, se estava a agravar, no ensaio 9 apesar de não se conseguir obter uma lama mais espessa tentou-se utilizar mais PE na centrifugação para se tentar obter uma lama mais desidratada, contudo esta alteração não se verificou benéfica

Tabela 3-3 Resumo dos resultados durante os Ensaios 7 a 9

Ensaio	Anexo	Data	Captura da Cent.	margem erro consumo PE teorico Vs real	Desvio no consumo de PE em relação ao proposto
7	XIII	11-05-2010	61,2%	14%	30,6%
8	XIV	13-05-2010	75,7%	9%	18,8%
9	XV	15-05-2010	82,1%	5%	18,5%

Como se pode verificar, a primeira galera de lama que saiu nestas condições teve um resultado desastroso, a captura da centrífuga foi de 61,2%, o que significa que houve bastante perda de lama, sendo que o consumo de PE foi 30,6% acima do valor proposto.

Os restantes ensaios revelaram-se melhores contudo acima do pretendido visto ter havido grandes perdas.

Tal como explicado no desenvolvimento teórico o facto de estarmos perante lamas biológicas, as características destas são responsáveis por grande parte de todo o processo e o facto de no ensaio 9 não termos conseguido obter um espessamento tão concentrado como o desejado, está relacionado com este problema. Isto fez com que tivessem sido feitos novos ensaios agora nestas condições

3.3.6.8 Ensaio 10

A carga da centrífuga pode ser aumentada de duas maneiras, a primeira que seria mais fácil seria o aumento do caudal de lama na alimentação do equipamento sendo que o outro o aumento do espessamento da lama de alimentação. A primeira hipótese através de experiências revelou-se impossível, visto sempre que se excediam os 5m³/h na alimentação da centrífuga, esta não só desidratava mal, como enviava uma grande quantidade de lama pelos drenados. Dai que o objectivo foi sempre espessar mais a lama de alimentação da centrífuga.

Uma vez que durante este período a lama não apresentava características que tornassem possível um espessamento acima dos 4%, resolveu-se dar início a um ensaio em que se operaria com um espessador e com duas centrífugas (estas trabalhariam com cargas mais baixas).

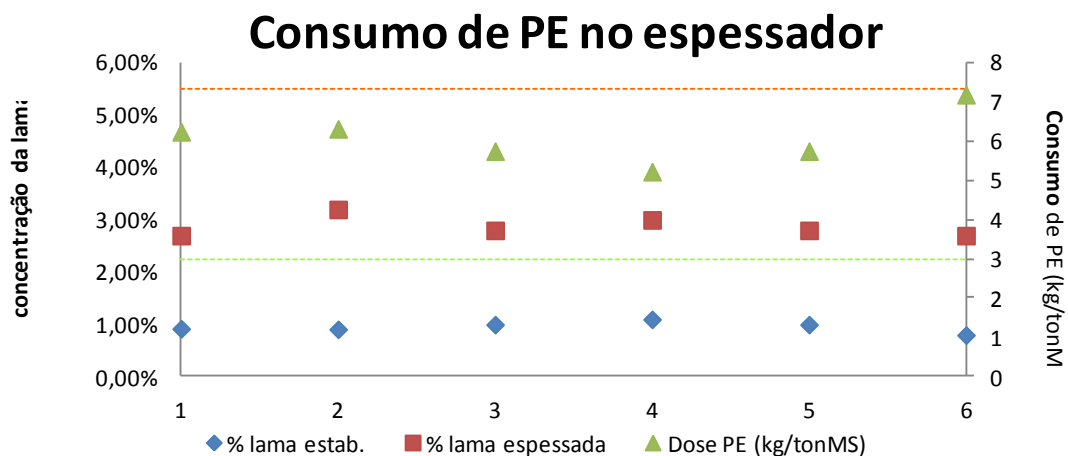


Figura 3-34 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 10

Constatou-se que mesmo utilizando uma dose de PE acima do proposto, como nos outros ensaios, o valor máximo de espessamento que se obteve foi de 3,2%, sendo que a média foi de 2,9%.

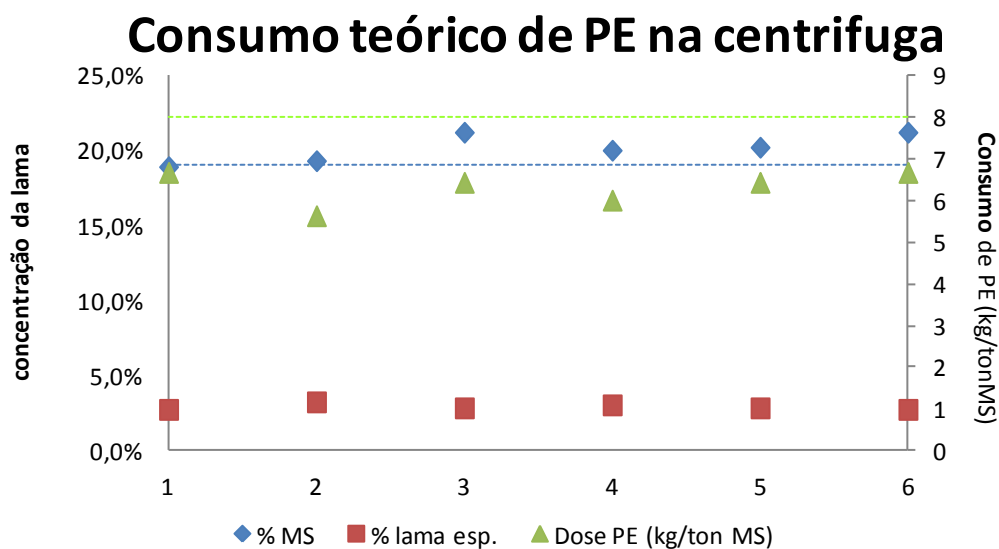


Figura 3-35 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 10

Em contrapartida, uma vez que estávamos a utilizar duas centrífugas com menos carga, fez com que se doseasse menos PE do que o valor proposto, bem como se obtivessem melhores resultados de matéria seca.

No final obtivemos uma captura de 95%, o que significa que com cargas baixas a centrífuga opera melhor, mas mesmo assim o consumo de PE ficou 14% acima do valor proposto.

É de referir que apesar de se ter melhorado o processo nestas condições o facto de se operar com duas centrífugas faz com que se consuma mais energia

3.3.6.9 Ensaio 11

Neste ensaio foi pretendido manter as mesmas condições anteriores, mas uma vez que as características da lama não deixavam obter um bom espessamento, tentou-se diminuir a dosagem de PE no espessamento.

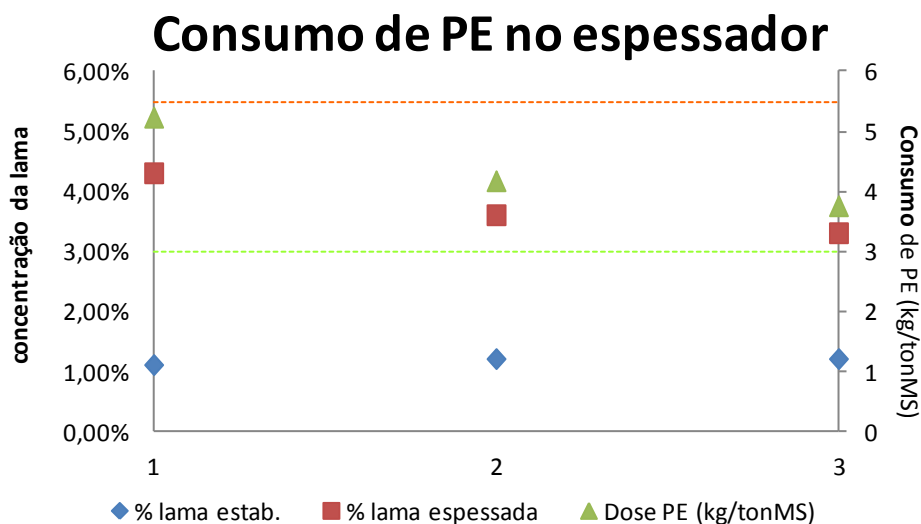


Figura 3-36 Consumo teórico de PE no espessador durante o Ensaio 11

Conseguiu-se reduzir, obtendo-se um valor de 4,3 kg/tonMS, apesar de ser 28% abaixo do consumo anterior, não deixa de superior ao valor limite.

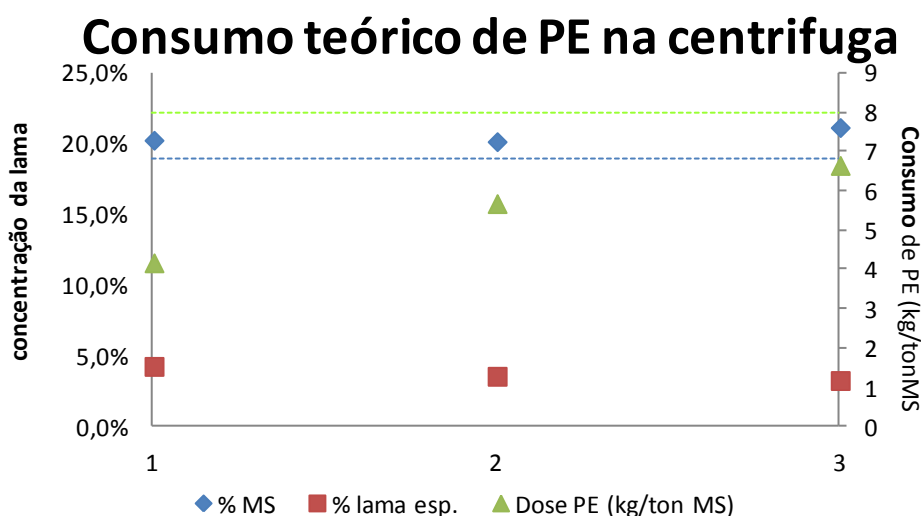


Figura 3-37 Consumo teórico de PE na centrífuga durante o Ensaio 11

Uma vez que as centrífugas operavam com cargas baixas, obteve-se novamente uma %MS alta e um consumo de PE baixo.

No final este ensaio, o valor de captura da centrífuga foi de 84%, sendo que o consumo total de PE foi apenas 4% superior ao valor proposto.

Dai que em relação ao consumo de PE e ao valor da %MS, este foi o melhor dos ensaios até esta fase

3.3.6.10 Ensaio 12 a 18

Mais uma vez pretendeu-se operar apenas a IDL com as condições ensaiadas nos ensaios 10 e 11, mas desta vez como se fossem condições normais de operação, ou seja sem grandes alterações.

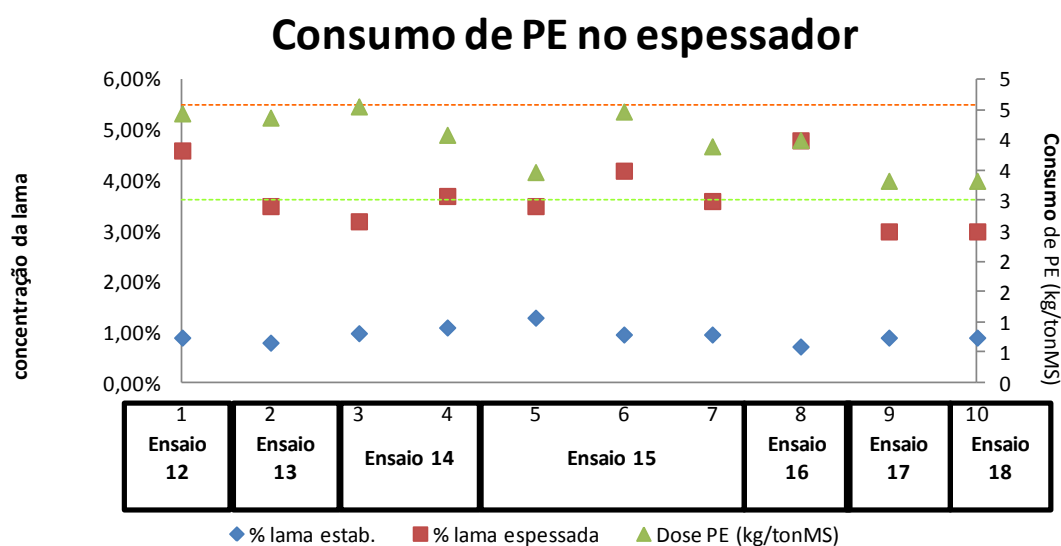


Figura 3-38 Consumo teórico de PE no espessador durante os Ensaios 12 a 18

O consumo do espessador continuou sempre acima do valor previsto e como nesta fase a lama continuava a apresentar características que a tornavam difícil de espessar, o espessamento manteve valores baixos, o que significou *a posteriori* uma carga baixa nas centrífugas

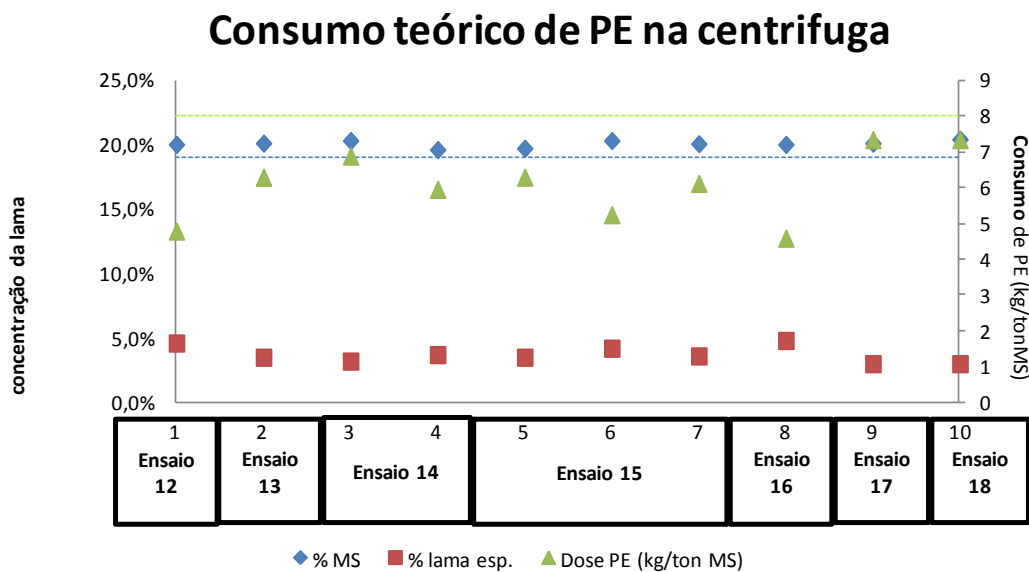


Figura 3-39 Consumo teórico de PE na centrífuga durante os Ensaios 12 a 18

Tal como em todos os ensaios realizados, o consumo de PE na centrífuga manteve-se sempre abaixo do valor previsto.

Uma vez que operamos com uma carga baixa nas centrífugas, fez com que os rendimentos finais fossem bastante satisfatórios.

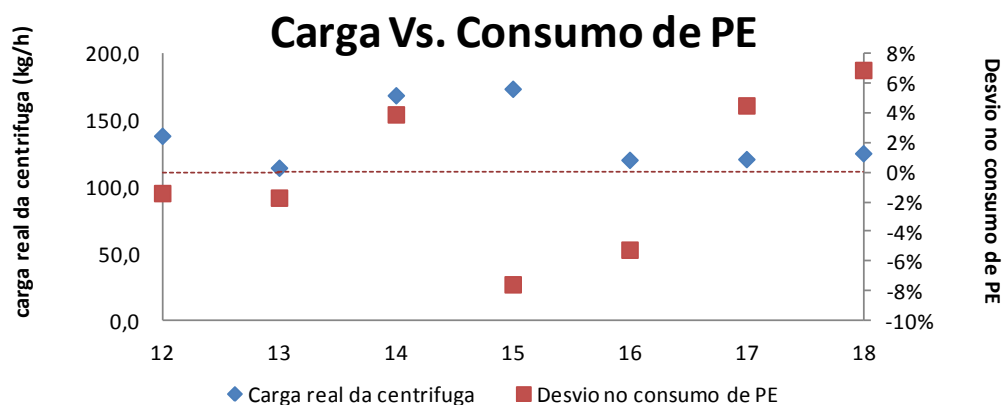


Figura 3-40 Carga das centrífugas Vs. Desvio no consumo de PE em relação ao valor proposto durante os Ensaio 12 a 18

Apenas houve um consumo acima do pretendido nos ensaios 14, 17 e 18, nos restantes o consumo pela primeira vez situou-se abaixo do valor previsto. Contudo a dificuldade de espessamento fez com que as centrífugas operassem sempre com cargas muito abaixo dos valores pretendidos.

4 Conclusões

Pretende-se que a IDL funcione de uma forma estável, para que haja poucas intervenções por parte do operador. Desta forma pretende-se que haja uma estabilidade logo desde o início, ou seja, desde a lama a desidratar. Durante este estudo, verificou-se que as características desta são muito importantes na dosagem de PE a aplicar para o espessamento. Contudo também se verificou que a concentração da lama estabilizada varia bastante durante o processo e o facto de se operar com uma lama com uma média de concentração de 1%, se esse valor oscilar apenas 0,1%, significa um desvio de 10% em relação ao valor inicial. Estes dois pontos são fundamentais na dosagem de PE a aplicar ao espessamento. Além disso esta oscilação de lama estabilizada, sem a devida correcção da dosagem de PE em tempo real, faz com que a concentração da lama espessada também oscile ao longo do processo, o que vai destabilizar o processo de centrifugação desta.

Pela análise dos dados conclui-se que nestas condições, o processo de centrifugação não está dependente da característica da lama em si, mas sim da concentração da lama espessada. Desta forma pretende-se que a concentração desta seja estável para que os equipamentos operem com poucas alterações e para que seja doseada a dose correcta de PE.

Em relação à %MS ficou provado que o aumento da dosagem de PE na centrifugação, não é sinónimo de uma lama final mais desidratada. A %MS na lama final está relacionada principalmente, com as características da lama e com as condições de operação do equipamento que pode ser observado através do torque.

Comparando os resultados obtidos com os dados de projecto, verificou-se que:

1. A dosagem de PE necessária para espessar a lama, foi sempre superior à prevista e mesmo assim, nem sempre se obtêm os resultados desejados;
2. A centrífuga tem um fraco desempenho quando opera com uma lama espessada muito concentrada (como o valor previsto), o que por sua vez faz com que a carga de lama no equipamento seja alta
3. A dosagem de PE aplicada na centrifugação foi sempre abaixo da prevista e o uso excessivo de PE por si só não influencia a %MS final;
4. A %MS final manteve-se dentro dos valores previstos, sem que tenha sofrido grandes alterações durante os ensaios.

Durante os ensaios chegou-se à conclusão que a centrífuga tinha um melhor desempenho sempre que operava com cargas mais baixas.

Uma vez que a carga da centrifuga nos é dada por:

$$Carga\ cent. \left(\frac{kg}{h} \right) = Q_{Lama} \left(\frac{m^3}{h} \right) \times \%_{lama\ esp.} \times 1000$$

Apenas existem duas variáveis que nos permitem aumentar a carga da centrifuga, que são o caudal de lama de entrada e/ou espessamento desta.

A marca que forneceu os equipamentos propôs os seguintes valores para o melhor desempenho dos equipamentos:

Tabela 4-1 Dados de funcionamento da centrífuga propostos pela ALFA LAVAL p

Dados propostos para o funcionamento da centrífuga	
Caudal de lama	5 m ³ /h
Concentração da lama espessada	5,5%
Carga centrífuga	275 kg/h

Durante os ensaios, quando não se conseguia obter uma lama espessada mais concentrada, testou-se a hipótese de aumentar o caudal de lama de entrada, testando-se com 5,5 m³/h e 6 m³/h, para se tentar manter uma carga elevada nas centrífugas. Esta hipótese revelou-se impossível, visto os equipamentos terem um fraco desempenho, quando se fazia esta alteração. Sempre que se aumentou o caudal a lama final apresentava uma grande quantidade de água e os drenados dos equipamentos apresentavam uma grande percentagem de lama.

Contudo em relação à operação com os dados propostos, para se obter a carga de 275kg/h, o equipamento também não tem o melhor desempenho quando se opera com lama muito espessa. Como se pode ver pela imagem:



Figura 4-1 Redução na tubagem na entrada da alimentação de lama da centrífuga

Existe uma grande redução na conduta que vai da bomba de lama à centrífuga, sendo esta a razão apontada para a dificuldade na operação de bombagem quando a lama está muito concentrada. Segundo a literatura e pelos testes realizados, verifica-se que a centrífuga regista um melhor desempenho quando opera em condições estáveis de alimentação, para que o processo de centrifugação se proceda também de uma forma estável. Quando estamos na presença de uma lama muito espessa o caudalímetro regista uma grande oscilação no caudal de alimentação de lama na centrífuga, sendo que esta oscilação reflecte-se no fraco desempenho do equipamento. Além do mais, uma vez que se pretende umas condições de alimentação estáveis, a alimentação de PE neste equipamento é independente da de lama, para que quando o caudal de lama oscile, não se criem mais distúrbios na alimentação. Esta condição de operação, faz com que se dosei sempre a mesma quantidade de PE, daí que quando estamos perante uma lama muito espessa, como o valor proposto, que cria uma oscilação no caudal de lama, havendo por isso um consumo excessivo de PE.

Uma vez que se obtinham melhores resultados operando com cargas baixas, ou seja operando-se com uma lama espessada menos concentrada, fez com que se iniciasse um funcionamento com duas centrífugas em simultâneo. Para se perceber a relação custo/benefício foram efectuadas medições no consumo eléctrico dos equipamentos. Cada equipamento de centrifugação (incluindo sistemas de bombagem) consome em média 8,06kW, sendo os preços dos consumos:

Tabela 4-2 Custo das despesas durante a desidratação

Preços	
Transporte de lama	17€/ton
PE	3572,8 €/ton
Energia	0,1011 €/kWh

Como já foi explicado neste trabalho, este processo existe, visto ser necessário reduzir-se a quantidade de lamas no tanque biológico. Uma vez que esta lama é obtida através de um processo de decantação, faz com que esta venha com uma grande quantidade de água, daí que seja necessário recorrer-se a um processo de desidratação, para facilitar e baixar os custos do transporte desta. Temos por isso de ter em conta os três custos mencionados anteriormente para efeitos de estudo de viabilidade económica e como o importante é saber o custo da lama a retirar (que ao longo do trabalho é mencionado como MS) e não da solução de lama, vamos comparar os custos por tonelada de MS com o funcionamento de uma ou duas centrífugas em simultâneo.

1. Preço da energia consumida por tonelada de MS desidratada

$$\text{Preço energia} \left(\frac{\text{€}}{\text{ton MS}} \right) = \frac{\text{horas centrifuga (h)} \times \text{preço energia} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \times \text{média de consumo (kW)}}{\text{kg MS/carga} \times \left(\frac{\text{ton MS}}{1000 \text{ kg MS}} \right)}$$

Equação 4-1 Preço da energia por tonelada de MS durante um ensaio

2. Preço do PE consumido por tonelada de matéria seca:

$$\text{Preço PE} \left(\frac{\text{€}}{\text{ton MS}} \right) = \frac{\text{cm}_{\text{PE}} \times 11,2 \left(\frac{\text{kg}_{\text{PE}}}{\text{cm}_{\text{PE}}} \right) \times \text{preço}_{\text{PE}} \left(\frac{\text{€}}{\text{ton}_{\text{PE}}} \right) \times \left(\frac{\text{ton}_{\text{PE}}}{1000 \text{ kg}_{\text{PE}}} \right)}{\text{kg MS/carga} \times \left(\frac{\text{ton}_{\text{MS}}}{1000 \text{ kg}_{\text{MS}}} \right)}$$

Equação 4-2 Preço do PE por tonelada de MS durante um ensaio

3. Preço do transporte por tonelada de matéria seca:

$$\text{Preço transporte} \left(\frac{\text{€}}{\text{ton MS}} \right) = \frac{\text{preço transporte} \left(\frac{\text{€}}{\text{ton}_{\text{lama}}} \right) \times \text{kg}_{\text{lama}} \times \left(\frac{\text{ton}_{\text{lama}}}{1000 \text{ kg}_{\text{lama}}} \right)}{\text{kg MS/carga} \times \left(\frac{\text{ton}_{\text{MS}}}{1000 \text{ kg}_{\text{MS}}} \right)}$$

Equação 4-3 Preço do transporte de lama seca durante um ensaio

Tabela 4-3 Resumo dos custos durante os ensaios

Ensaio	Anexo	horas Cent.	Kg lama	kg MS/carga	nr cent.	Preço por ton MS			
						Energia	PE	Tranporte	total
1	VII	20	21000	3843	1	4,24 €	83,30 €	92,90 €	180,44 €
2	VIII	20	20800	3792,533	1	4,30 €	100,24 €	93,24 €	197,77 €
3	IX	17	20340	3920,535	1	3,53 €	107,17 €	88,20 €	198,90 €
4	X	20	21060	4022,46	1	4,05 €	89,53 €	89,01 €	182,59 €
5	XI	16	19200	3582,72	1	3,64 €	89,35 €	91,10 €	184,09 €
6	XII	17	19220	3803,158	1	3,64 €	94,69 €	85,91 €	184,25 €
7	XIII	22	18940	3532,31	1	5,08 €	113,28 €	91,15 €	209,51 €
8	XIV	26	22340	4132,9	1	5,13 €	96,82 €	91,89 €	193,84 €
9	XV	30	17940	3318,9	1	7,37 €	96,45 €	91,89 €	195,71 €
10	XVI	32	21620	4352,827	2	11,98 €	91,93 €	84,44 €	188,35 €
11	XVII	28	21360	4393,04	2	10,39 €	81,98 €	82,66 €	175,02 €
12	XVIII	26	18060	3612	2	11,73 €	77,55 €	85,00 €	174,28 €
13	XIX	18	10300	2070,3	2	14,17 €	77,31 €	84,58 €	176,06 €
14	XX	26	22060	4400,97	2	9,63 €	81,83 €	85,21 €	176,67 €
15	XXI	22	19140	3831,19	2	9,36 €	73,11 €	84,93 €	167,40 €
16	XXII	31	18740	3748	2	13,48 €	74,74 €	85,00 €	173,21 €
17	XXIII	32	19340	3887,34	2	13,42 €	82,35 €	84,58 €	180,34 €
18	XXIV	32	19740	4026,96	2	12,95 €	84,46 €	83,33 €	180,75 €

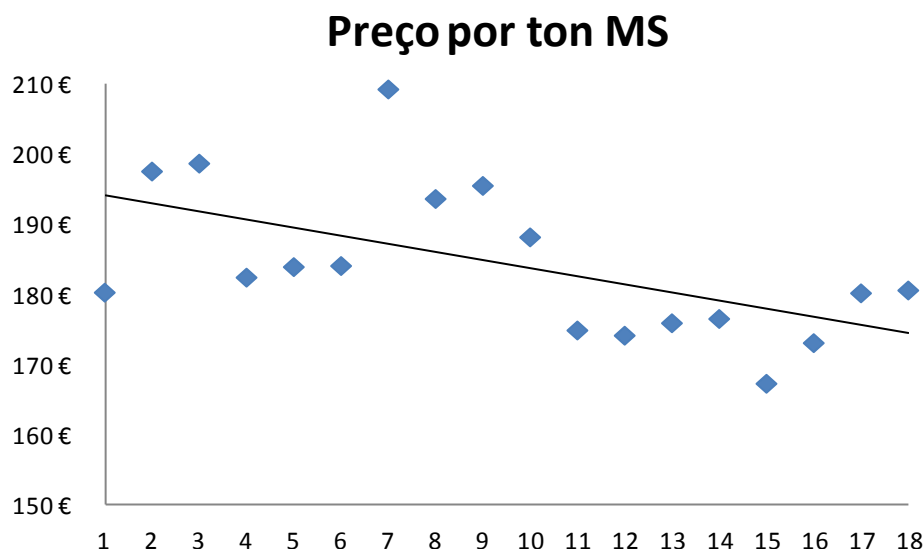


Figura 4-2 Resumo dos custos totais por tonelada de MS durante os ensaios

Quando se começa a operar com duas centrífugas os custos com a energia aumentam, contudo o desempenho do equipamento de centrifugação também melhora. Com os ensaios realizados verificou-se que é durante o espessamento que se consome mais PE do que o previsto para se obter uma concentração elevada na lama espessada. As características que a lama apresentava, fez com que fosse impossível obter-se uma lama espessa daí que se tenha passado para o modo de funcionamento com duas centrífugas. Dai ter-se optado por se dosear menos PE no espessamento para se obter uma lama espessada menos concentrada o que por sua vez faz com que a carga na centrífuga também baixe. Comparando os resultados com os custos totais finais, podemos ver a linha de tendência negativa que significa que o custo total também baixa. Operando-se com apenas uma centrífuga a média dos custos foi de 191,90€/tonMS, tendo esse valor baixado para 176,90€/tonMS quando se passou a operar com duas centrífugas, houve por isso uma descida de 7,8%.

Podemos então concluir que o melhor modo de funcionamento desta IDL é mesmo com um espessador e duas centrífugas.

Após este estudo verificou-se que houve uma melhoria no funcionamento da IDL, contudo esta IDL continua limitada pelo sistema de drenagem e existem ainda os problemas da oscilação da concentração na lama estabilizada.

Apesar do tanque de lama estabilizada ter um sistema que promove a homogeneização e arejamento deste, durante o PD é necessário repor-se lama, visto a capacidade do tanque não ser suficiente durante todo o processo. Dai que a solução para este caso passe pelo aumento

da capacidade deste tanque para não ser necessária a reposição de lama neste e com isto permitir que haja estabilidade em todo o processo. Enquanto isso não acontece, quando o processo arranca convém o tanque estar cheio, isto porque assim consegue-se uma homogeneização da lama estabilizada durante um maior espaço de tempo.

Como verificado o resultado final está dependente da %MS final, o que durante este estudo esta não foi além de 20,6%. Foi ainda verificado que existem alterações nas características da lama que alteram as dosagens normais de PE, alterações essas que estão relacionadas com a nutrição e arejamento dentro do tanque biológico. Uma vez que a entrada de nutrientes dentro do tanque varia com o laboração da fabrica durante o ano, a solução passa por um estudo microbiológico durante esse período para se perceber de que forma estas alterações afectam a %MS, bem como estudar se existem carências de nutrientes ou arejamento que afectem o rendimento do PD

Bibliografia

1. **Eddy, Inc. Metcalf &.** *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 2003.
2. **Richard, Michael.** *Activated sludge microbiology*. 1989.
3. **S.N. Back, N. Deering, F. Dekkers, A. Garcia, G. Kuhbeck, G. Lettinga, S. Rebac, J. Rensink, P. Schenellen, T. Vereijken.** *European Brewery Convention. Manual of Good Practice - Brewery Effluent*. Holanda : Brewing Research International, 2003.
4. **Caneira, Nélia.** *Controlo de parâmetros físico - químicos e funcionais da ETAR da UNICER - Centro de produção de Santarém*. Instituto Politecnico de Santarém - Escola Superior Agrária de Santarém. Santarém : IPS - ESAS, 2009.
5. **Turovskiy, I.S. and Mathai, P.K.** *Wastewater sludge Processing. Wastewater sludge Processing*. USA : Wiley-Interscience, 2006.
6. **Guimarães, Nelson Cunha.** *Recuperação de Coagulante a partir da*. Minas Gerais : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2005.
7. **Tsang, K.R., Vesilind, P.A.** Moisture distribution in sludge. *Water Sci. Technol.* 1990.
8. Alfa - Laval - ALDRUM Sludge Thickening System - characteristics.
9. **Technology, Flottweg - Separation.** Innovative Solid Bowl Centrifuge Technology.
10. **Laval, Alfa.** Decanter Centrifuge - OPERATOR'S MANUAL.
11. **Louis Ravina, Nicholas Moramarco.** *Everything you want to know about Coagulation & Flocculation*. s.l. : Zeta-Meter, Inc, 1993.
12. **Wun T. Tai, Palos Hills.** *Polycationic Latexes of Dimethylaminopropyl-acrylamide, and their use of as sludge dewatering agents and/or paper retention AIDS*. US 4391932 USA, Janeiro 22, 1982.
13. *Estudos da Remoção de picos de turbidez através da escolha adequada de coagulantes e auxiliares de floculação na estação de tratamento de água de Belo Oriente/MG.* **Priscila Ferreira Silva, Elaine Cristina Xavier Santos.** Belo Horizonte : s.n., 2007.
14. **Portugal, Alfa Laval -.** Proposta da Alfa Laval para a UNICER para aquisição de tambores de espessamento mecanico. *Proposta de Equipamento*. Santarém : s.n., 2007.
15. **limitada, Rivaz Quimica.** Ficha do produto ZETAG 7878FS40. *Ficha do produto ZETAG 7878FS40*. Maia : s.n., 2004.
16. **Amiad.** Amiad Filtration Systems - SAF Filters. 2010.

Anexos

Anexo I – Ficha de segurança do ZETAG 7878FS40



Rivaz Química, limitada

FDS Nº 0134

Edição 2.00

DATA 04/05/2004

1. IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA / PREPARAÇÃO E DA SOCIEDADE / EMPRESA

Produto	ZETAG 7878FS40	POLIELECTRÓLITO
Caracterização química	Poliacrilamida catiónica dispersa em óleo mineral transparente	
Número CAS	Preparação	
Fornecedor	RIVAZ QUÍMICA, LDA	
	Via Adelino Amaro da Costa, Lote 3	Telefone : 22 9479560
	Moreira 4470 - 557 MAIA	Fax: 22 9479569

2. COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

Substâncias presentes que apresentam um risco para a saúde ou ambiente

Nº.CE	Nº.CAS	Tipo químico	Concentração	Símbolo	Frases R
	078330-23-1	Alcoóis, C11-14-iso,C13-rich, etoxilado propoxilado.	2.5-6%	Xi-N	R36/38 – R51/53
265-150-3	064742-48-9	NAFTA (PETRÓLEO), Destilados (pesado)	≤ 3 %	Xn	R10 - R65 - R66
204-673-3	000124-04-9	ácido-adípico	≤ 2 %	Xi	R36

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Classificado como perigoso de acordo com as directrizes da EU. Xi - Irritante.

Irritante para os olhos e pele.

Nocivo para os organismos aquáticos, poderá vir a causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático.

Pode causar irritação do sistema respiratório em caso de inalação de spray.

Muito escorregadio quando molhado. O produto derramado é escorregadio.

Como para todos os óleos minerais a exposição prolongada e frequente pode causar afecções na pele ou dermatite.

4. PRIMEIROS SOCORROS

Contacto com a pele

Remover imediatamente todas as roupas e sapatos contaminados debaixo de chuveiro.

Permanecer debaixo do chuveiro no mínimo 10-20 minutos.

Contacto com os olhos

Lavar imediatamente com bastante água durante 15 minutos pelo menos.

Em caso de irritação dos olhos procurar um médico.

Inalação

Se forem inaladas névoas ou sprays, remover o acidentado para o ar livre e desimpedir as vias respiratórias, se bloqueadas. Manter o acidentado em repouso. Procurar conselho médico.

Ingestão

Não provocar o vômito.

Em caso de inconsciência ou convulsões não dar nada pela boca. Verificar a respiração e o pulso, se existente, pôr em posição de descanso e obter atenção médica. Se estiver consciente bochechar a boca com água. Administrar 600 ml de água imediatamente e mais 200 ml sucessivamente a cada 10 minutos.

Chamar imediatamente um médico.

Página 1 de 5

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

Meios adequados de extinção

Espuma, pó seco, em preferência ao spray de água/nevoeiro.

Meios de extinção que não devem ser utilizados por razões de segurança

Não conhecido.

Perigos de exposição

Têm que ser tomadas as medidas suficientes para reter a água usada na extinção.

Águas e solos contaminados tem que ser eliminados em conformidade com a regulamentação local.

Equipamento de protecção especial para bombeiros

Para todos os incêndios envolvendo químicos : fato de protecção química, luvas adequadas, botas e dispositivos de respiração autónoma.

Produtos de decomposição perigosos

Óxidos de carbono e óxidos de azoto (NO_x).

Informação suplementar

Muito escorregadio quando molhado. O produto derramado é escorregadio nos pés.

6. MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

Precauções individuais

Usar medidas de protecção pessoal. Dispositivo de respiração necessário só em caso de fogo.

Precauções ambientais

Evitar a contaminação de cursos de água ou sistemas de esgotos.

Métodos de limpeza

Absorver com um material inerte (ex. areia, sílica gel, ligante universal, serrim). Recolher o produto e colocar em contentores devidamente fechados e rotulados.

Utilizar sal comum (cloreto de sódio) para auxiliar na remoção dos resíduos.

Reter a água utilizada na lavagem e eliminar em conformidade com a regulamentação local.

7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

Manuseamento

Não comer, beber ou fumar durante a utilização.

Remover imediatamente as roupas contaminadas e lavar antes de reutilizar.

Armazenagem

Evitar temperaturas extremas, especialmente gelo.

Manter as embalagens bem fechadas em local seco, fresco e bem ventilado.

O produto derramado é escorregadio. Muito escorregadio quando molhado.

8. CONTROLO DA EXPOSIÇÃO E PROTECÇÃO INDIVIDUAL

Limite(s) de exposição

CIEL-TWA Limite de exposição interno (média ponderada de 8 horas) : Não testado.

Precauções/medidas técnicas

Assegurar ventilação adequada, especialmente em espaços limitados.

Protecção respiratória

Em condições normais, não é criado vapor de óleo mineral e portanto não é necessário equipamento de protecção respiratória.

Em situações em que o limite de exposição ocupacional é passível de ser excedido, como por exemplo, em espaços onde há altas temperaturas, sistemas abertos ou aplicações com spray, deve-se usar as seguintes protecções respiratórias : meia máscara ou máscara inteira com filtro de partículas tipo P3 (Norma europeia EN143).

Protecção das mãos

São recomendadas luvas em PVC resistentes a óleos químicos.

Protecção dos olhos

Óculos de protecção.

Protecção do corpo e pele

Vestuário leve de protecção. Avental resistente a químicos.

9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Forma	líquido
Cor	branco
Odor	leve a óleo mineral
Temperatura de fusão/intervalo	não testado
Ponto de amolecimento	não é aplicável
Temperatura de ebulição/intervalo	>100°C
Densidade relativa	1,1 g/cm ³
Ponto de inflamação	>100°C
Inflamabilidade	não testado
Temperatura de ignição	não é aplicável
Propriedades oxidantes	não testado
Temperatura de auto-ignição	não testado
Classificação de auto-ignição	não testado
Classificação de solubilidade em água	dispersa
Pressão de vapor	não testado
Coefficiente de partição; Log Poa	não é aplicável
Valor de pH	não testado
Viscosidade dinâmica	não testado
Limite inferior de explosão	não é aplicável
Limite superior de explosão	não é aplicável
Propriedades de explosão	não é aplicável
Taxa de evaporação	não testado
Densidade do vapor	não testado

10. ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

Condições a evitar

Temperaturas extremas, especialmente condições de geada e congelamento.

Materiais a evitar

Água e químicos reactivos.

Produtos de decomposição perigosos

Combustão pode resultar na formação de óxidos de carbono e óxidos de azoto (NO_x).

11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

Toxicidade oral (ratazana)	LD50 > 2000 mg/kg	Analogia para produtos similares
Toxicidade cutânea aguda	não testado	
Toxicidade aguda por inalação	não testado	
Irritação/corrosão aguda dos olhos (coelho)	irritante.	Analogia para produtos similares.
Irritação/corrosão cutânea aguda (coelho)	irritante.	Analogia para produtos similares.
Sensibilizante da pele agudo (porco da guiné)	não testado.	
Classificação de toxicidade		
Este produto é uma preparação que tem sido classificada como irritante. A classificação foi estabelecida por analogia com um produto semelhante que foi determinado como tal de acordo com as normas OCDE.		
A quantidade total de substâncias irritantes no produto é inferior a 20%.		

12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Toxicidade para os peixes	não testado
Toxicidade para a Daphnia	não testado
Toxicidade para bactérias	não testado
Toxicidade para as algas	não testado
Biodegradabilidade	não testado
Informação da classificação	
Esta preparação é classificada de acordo com a Directiva 1999/45/CE.	

Avaliação de Ecotoxicidade

Para o componente polimérico deste produto: De testes numa gama de produtos, o LC50/EC50 para organismos aquáticos é esperado ser 1 – 100 mg/l. Não sujeito a classificação ambiental de acordo com as Directivas Europeias devido à sua rápida degradação por hidrólise.

Degradação/Eliminação : por rápida hidrólise do polímero e adsorção irreversível no carbono orgânico dissolvido e partículas inorgânicas.

13. QUESTÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

Resíduos de desperdícios/produto não utilizado

Ter em atenção a legislação local.

Embalagens contaminadas

As embalagens contaminadas devem ser eliminadas como resíduo químico.

As embalagens limpas devem ser recolhidas de acordo com os esquemas de gestão de resíduos (reutilização, reciclagem) de acordo com a legislação local.

14. INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

Ponto de inflamação	> 100°C
ADR/RID	classe : livre
IMO	classe : livre
ICAO	classe : livre

15. INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

Classificação	Auto-classificação.
Símbolos	Xi – Irritante
Frases R	R36/38 - Irritante para os olhos e pele. R52/53 - Nocivo para os organismos aquáticos, poderá vir a causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático.
Frases S	S26 - Em caso de contacto com os olhos, lavar imediata e abundantemente com água e consultar um especialista.. S28 - Após contacto com a pele, lavar imediata e abundantemente com água e sabão. S61 - Evitar a libertação para o ambiente. Obter instruções específicas/fichas de segurança.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Frases de risco da secção 2 : R10 – Inflamável.
R36 – Irritante para os olhos.
R36/38 – Irritante para os olhos e pele.
R51/53 – Tóxico para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático.
R66 – Pode provocar secura da pele ou fissuras por exposição repetida.

Mudanças essenciais : Secções 2; 3; 5; 6; 7; 9; 10; 11; 12; 15

Informação suplementar : Utilização prevista : Polielectrólito.

ZETAG é uma marca registada.

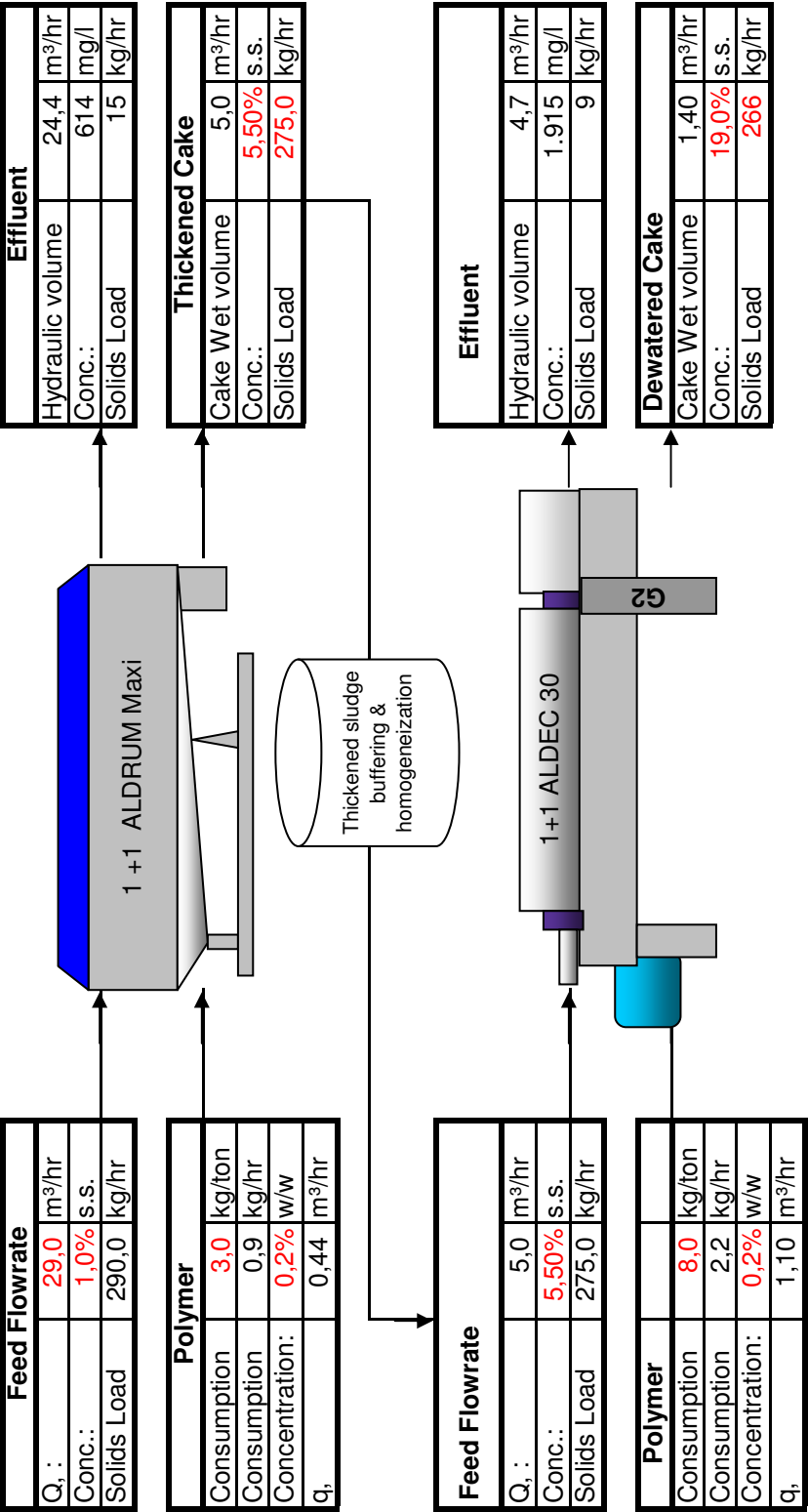
Esta ficha de dados de segurança classifica o produto de acordo com a Directiva 91/155/CEE em vigor.

Importante

Este material não se destina a utilização em produtos para os quais o contacto prolongado com membranas mucosas, fluidos orgânicos, pele esfolada, próteses ou implantes no corpo humano é especificamente intencionado, a menos que o produto acabado tenha sido testado de acordo com a regulamentação nacional e internacional em requisitos de testes de segurança. Devido à variedade de potenciais utilizações, não se pode recomendar este material como eficaz e seguro para tais usos, nem assumir responsabilidade para tais usos.

Este produto deve ser armazenado, utilizado e manuseado de acordo com as directrizes de higiene industrial e legislação. A informação é baseada no estado actual dos nossos conhecimentos e tenciona descrever os nossos produtos do ponto de vista de requisitos de segurança. No entanto, não deve ser considerado como garantindo propriedades específicas.

Anexo III - Balanço de massa do funcionamento da IDL



Alfa Laval Portugal
Marco Antunes

Tabela 4-4 Dados do Ensaio 1

	Amostras								média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Data	26-4-10 13:00	26-4-10 13:30	26-4-10 14:25	26-4-10 16:30	27-4-10 10:50	27-4-10 12:00	27-4-10 14:20	27-4-10 16:43	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%
	% lama Estab.	Bom	Mau	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	
	% lama esp.	0,900%	0,900%	1,00%	1,10%	1,15%	1,15%	1,15%	1,06%
	% MS	3,60%	4,10%	5,70%	0,00%	3,70%	4,00%	3,80%	4,1%
Esp. da Cent.		0,0%	18,5%	18,6%	18,1%	18,2%	18,4%	0,0%	18,3%
	rpm	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9	9	9	9	9	9
	Torque	0,68	0,73	0,79	0,59	0,67	0,7	0,67	0,70
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,280	0,280	0,350	0,280	0,280	0,280	0,280	28,9%
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	5,60%	5,60%	7,00%	5,60%	5,60%	5,60%	5,60%	5,8%
	Carga cent (kg/h)	180	205	285	0	185	200	190	206,7
Resultados teóricos do espessador	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,00	6,15	5,53	0,00	6,81	6,30	6,63	6,431
	% PE	0,950%	1,000%	0,975%	0,875%	0,945%	0,940%	0,950%	0,947%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,190	0,200	0,195	0,175	0,189	0,188	0,190	0,189
	Q_{lama} (m ³ /h)	20	20	20	20	20	20	20	20
Resultados teóricos do espessador	Q_{PE}/Q_{lama}	0,950%	1,000%	0,975%	0,875%	0,945%	0,940%	0,950%	0,947%
	Carga esp. (kg/h)	180	180	200	220	231	231	231	213
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,75	5,00	4,39	3,58	3,69	3,67	3,71	4,056

Tabela 4-5 Dados do Ensaio 2

Data	Amostras								média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	28-4-10 16:40	29-4-11 10:40	29-4-11 11:30	29-4-11 12:30	29-4-11 15:30	29-4-11 16:30	29-4-11 17:30	29-4-11 18:10	
Análises das amostras	% Conc. PE	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
	drenados	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	
	% lama Estab.	1,30%	1,30%	1,32%	1,30%	1,00%	1,20%	1,10%	1,23%
	% lama esp.	5,90%	4,40%	5,20%	5,80%	4,80%	5,50%	5,50%	5,31%
	% MS	18,0%	18,0%	0,0%	18,1%	17,6%	19,0%	0,0%	18,2%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9	9	9	9	9	9
	Torque	0,92	0,89	0,91	0,94	0,88	0,89	0,89	0,90
Resultados teóricos da Cent.	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522
	$Q_{lama} (m^3/h)$	5	5	5	5	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	10,44%	10,44%	10,44%	10,44%	10,44%	10,44%	10,44%	10,4%
	Carga cent (kg/h)	295	220	260	270	290	275	275	265,6
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,08	9,49	8,03	7,73	7,20	7,59	7,59	7,93
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,110%	1,290%	1,290%	1,300%	1,200%	1,250%	1,250%	1,236%
	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,322	0,335	0,335	0,338	0,312	0,325	0,325	0,326
	$Q_{lama} (m^3/h)$	29	26	26	26	26	26	26	26,4
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,11%	1,29%	1,29%	1,30%	1,20%	1,25%	1,25%	1,24%
	Carga esp. (kg/h)	377	343	338	343	260	312	286	325
	Dose PE (kg/ton _{MS})	3,42	3,91	3,97	3,94	4,80	4,17	4,55	4,05

Anexo IX – Ensaio 3

Tabela 4-6 Dados do Ensaio 3

		Amostras				média
Data		1	2	3	4	
		30-4-11 11:45	30-4-11 12:30	30-4-11 14:30	30-4-11 15:40	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
	% lama Estab.	1,00%	1,10%	1,00%	0,80%	0,975%
	% lama esp.	4,90%	5,40%	5,20%	5,50%	5,25%
	% MS	19,1%	19,6%	19,4%	19,0%	19,3%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9	9	9
	Torque	0,84	0,89	0,87	0,88	0,87
Resultados teóricos da Cent.	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522
	$Q_{lama} (m^3/h)$	5	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	10,44%	10,44%	10,44%	10,44%	10,44%
	Carga cent (kg/h)	245	270	260	275	262,5
	Dose PE (kg/ton _{MS})	8,52	7,73	8,03	7,59	7,97
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,300%	1,300%	1,300%	1,250%	1,288%
	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,338	0,338	0,338	0,325	0,335
	$Q_{lama} (m^3/h)$	26	26	26	26	26
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,30%	1,30%	1,30%	1,25%	1,29%
	Carga esp. (kg/h)	260	286	260	208	254
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,20	4,73	5,20	6,25	5,34

Anexo X – Ensaio 4

Tabela 4-7 Dados do Ensaio 4

		Amostras				média
Data		1	2	3	4	
		4-5-10 10:20	4-5-10 15:21	4-5-10 16:00	4-5-10 17:00	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	% lama Estab.	1,25%	1,10%	1,10%	1,00%	1,11%
	% lama esp.	5,60%	4,60%	4,30%	4,20%	4,68%
	% MS	18,0%	21,1%	18,6%	18,7%	19,1%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9	9	9
	Torque	0,68	0,82	0,82	0,8	0,78
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,280	0,350	0,350	0,350	0,333
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	5,60%	7,00%	7,00%	7,00%	6,7%
	Carga cent (kg/h)	280	230	215	210	233,8
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,00	7,61	8,14	8,33	7,27
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,300%	1,100%	1,050%	1,050%	1,125%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,312	0,264	0,252	0,252	0,270
	Q_{lama} (m ³ /h)	24	24	24	24	24
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,30%	1,10%	1,05%	1,05%	1,13%
	Carga esp. (kg/h)	300	264	264	240	267
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,20	5,00	4,77	5,25	5,06

Anexo XI – Ensaio 5

Tabela 4-8 dados do Ensaio 5

		Amostras					média
Data		1	2	3	4	5	
		5-5-10 12:20	5-5-10 14:40	5-5-10 16:00	5-5-10 17:23	6-5-10 11:17	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
	% lama Estab.	1,15%	1,15%	1,10%	1,00%	1,20%	1,12%
	% lama esp.	4,5%	5,1%	5,5%	5,4%	4,2%	4,9%
	% MS	18,1%	19,0%	18,7%	18,7%	18,8%	18,7%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9	9	9	9
	Torque	0,89	0,88	0,87	0,88	0,8	0,86
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%
	Carga cent (kg/h)	225	255	275	270	210	247,0
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,78	6,86	6,36	6,48	8,33	7,16
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,150%	1,150%	1,150%	1,150%	1,250%	1,2%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,276	0,276	0,276	0,276	0,300	0,281
	Q_{lama} (m ³ /h)	24	24	24	24	24	24
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,15%	1,15%	1,15%	1,15%	1,25%	1,17%
	Carga esp. (kg/h)	276	276	264	240	288	269
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,00	5,00	5,23	5,75	5,21	5,24

Anexo XII - Ensaio 6

Tabela 4-9 Dados do Ensaio 6

Data	Amostras								média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	6-5-10 16:00	6-5-10 16:30	6-5-10 17:30	7-5-10 10:00	7-5-10 15:20	7-5-10 15:50	7-5-10 16:10	7-5-10 17:00	
Análises das amostras	% Conc. PE	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	drenados % lama Estab.	Bom	Bom	Mau	Bom	Bom	Mau	Bom	
	% lama esp.	1,09%	1,09%	1,20%	1,10%	1,25%	1,25%	1,25%	1,19%
	% MS	4,00%	5,20%	5,70%	5,30%	4,10%	5,50%	4,40%	4,85%
Esp. da Cent.		19,4%	19,0%	18,6%	19,5%	19,7%	19,9%	21,8%	19,8%
	rpm	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050
	vel. dif Torque	8,5 0,79	8,5 0,88	8,5 0,88	8,5 0,84	8,5 0,90	8,5 0,90	8,5 0,92	9 0,88
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,350	0,350	0,350	0,350	0,450	0,425	0,400	0,394
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	9,00%	8,50%	8,00%	7,9%
	Carga cent (kg/h)	200	260	285	265	205	275	220	242,5
	Dose PE (kg/ton _{MS})	8,75	6,73	6,14	6,60	10,98	7,73	9,09	8,29
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,250%	1,200%	1,150%	1,200%	1,100%	1,125%	1,100%	1,2%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,300	0,288	0,276	0,288	0,264	0,270	0,264	0,277
	Q_{lama} (m ³ /h)	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Carga esp.(kg/h)	261	261	288	264	312	300	300	285,8
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,25%	1,20%	1,15%	1,20%	1,10%	1,13%	1,10%	1,15%
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,74	5,51	4,79	5,45	4,23	4,50	4,40	4,88

Anexo XIII – Ensaio 7

Tabela 4-10 Dados do Ensaio 7

		Amostras		média
Data		1 5-5-10 16:00	2 6-5-10 9:00	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom	1,0% Bom	1,0%
	% lama Estab.	0,800%	1,000%	0,900%
	% lama esp.	5,20%	5,30%	5,25%
	% MS	18,6%	18,7%	18,7%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9
	Torque	0,88	0,83	0,86
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,400	0,400	0,400
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	8,00%	8,00%	8,0%
	Carga cent (kg/h)	260	265	262,5
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,69	7,55	7,62
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,100%	1,050%	1,1%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,264	0,252	0,258
	Q_{lama} (m ³ /h)	24	24	24
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,100%	1,050%	1,075%
	carga esp. (kg/h)	192	240	216
	Dose PE (kg/ton _{MS})	6,88	5,25	6,06

Anexo XIV – Ensaio 8

Tabela 4-11 Dados do Ensaio 8

		Amostras		média
Data		1 11-5-11 17:00	2 12-5-11 12:00	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0%	1,0%	1,0%
	% lama Estab.	1,40%	1,20%	1,30%
	% lama esp.	4,00%	4,40%	4,20%
	% MS	18,0%	19,0%	18,5%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050
	vel. dif	9	9	9
	Torque	0,79	0,79	0,79
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,280	0,280	0,280
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	5,60%	5,60%	5,6%
	Carga cent (kg/h)	200	220	210
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,00	6,36	6,68
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,300%	1,600%	1,5%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,312	0,288	0,300
	Q_{lama} (m ³ /h)	24	18	21
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,30%	1,60%	1,45%
	carga esp. (kg/h)	336	215,64	275,82
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,64	6,68	5,66

Anexo XV – Ensaio 9

Tabela 4-12 Dados do Ensaio 9

		Amostras		média
Data		1	2	
		14-05-2011	14-05-2011	
Análises das amostras	% Conc. PE	1,0%	1,0%	1,0%
	drenados	Bom	Bom	0,0%
	% lama Estab.	1,100%	1,100%	1,100%
	% lama esp.	2,5%	2,4%	2,5%
	% MS	18,0%	19,0%	18,5%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050
	vel. dif	6	6	6
	Torque	0,8	0,77	0,79
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,200	0,200	0,200
	Q_{lama} (m ³ /h)	5,5	5,5	6
	Q_{PE}/Q_{lama}	3,64%	3,64%	3,6%
	Carga cent (kg/h)	137,5	132	134,8
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,273	7,576	7,424
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,250%	1,100%	1,2%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,188	0,165	0,176
	Q_{lama} (m ³ /h)	15	15	15
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,250%	1,100%	1,175%
	carga esp. (kg/h)	165	165	165,0
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,682	5,000	5,341

Anexo XVI - Ensaio 10

Tabela 4-13 Dados do Ensaio 10

Data	Amostras						média
	1	2	3	4	5	6	
	18-5-11 11:00	18-5-10 12:30	18-5-10 16:20	19-5-10 12:00	19-5-10 15:00	19-5-10 17:00	
Análises das amostras							
% Conc. PE drenados	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
% lama Estab.	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	0,955%
% lama esp.	0,921%	0,910%	1,000%	1,100%	1,000%	0,800%	2,87%
% MS	2,70%	3,20%	2,80%	3,00%	2,80%	2,70%	20,1%
	18,9%	19,3%	21,2%	20,0%	20,2%	21,2%	
Esp. da Cent.	4050	4050	4050	4050	4050	4050	4050
rpm	6	6	6	6	6	6	6
vel. dif	0,72	0,79	0,7	0,77	0,72	0,7	0,73
Torque							
Resultados teóricos da Cent.							
Q_{PE} (m ³ /h)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5	5	5	5
Q_{PE}/Q_{lama}	3,60%	3,60%	3,60%	3,60%	3,60%	3,60%	3,60%
Carga cent (kg/h)	135	160	140	150	140	135	143,3
Dose PE (kg/ton _{MS})	6,67	5,63	6,43	6,00	6,43	6,67	6,30
Resultados teóricos do espessador							
% PE	1,150%	1,150%	1,150%	1,150%	1,150%	1,150%	1,150%
Q_{PE} (m ³ /h)	0,276	0,276	0,276	0,276	0,288	0,276	0,278
Q_{lama} (m ³ /h)	24	24	24	24	25	24	24,2
Q_{PE}/Q_{lama}	1,15%	1,15%	1,15%	1,15%	1,15%	1,15%	1,15%
carga esp. (kg/h)	221	218	240	264	250	192	231
Dose PE (kg/ton _{MS})	6,24	6,32	5,75	5,23	5,75	7,19	6,08

Anexo XVII – Ensaio 11

Tabela 4-14 Dados do Ensaio 11

		Amostras			média
Data		1	2	3	
		20-5-10 15:00	21-5-10 11:00	21-5-10 12:00	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom	1,0% Mau	1,0% Bom	1,0%
	% lama Estab.	1,10%	1,20%	1,20%	1,17%
	% lama esp.	4,30%	3,60%	3,30%	3,73%
	% MS	20,3%	20,2%	21,2%	20,6%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	6	6	6	6
	Torque	0,7	0,88	0,69	0,76
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,180	0,205	0,220	0,202
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	3,60%	4,10%	4,40%	4,0%
	Carga cent (kg/h)	215	180	165	186,7
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,19	5,69	6,67	5,52
Resultados teóricos do espessador	% PE	1,150%	1,000%	0,900%	1,0%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,276	0,310	0,279	0,288
	Q_{lama} (m ³ /h)	24	31	31	28,7
	Q_{PE}/Q_{lama}	1,150%	1,000%	0,900%	1,017%
	carga esp. (kg/h)	264	372	372	336
	Dose PE (kg/ton _{MS})	5,23	4,17	3,75	4,38

Anexo XVIII – Ensaio 12

Tabela 4-15 Dados do Ensaio 12

Amostras		
1		
Data		24-5-11 17:00
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom
	% lama Estab.	0,900%
	% lama esp.	4,60%
	% MS	20,0%
Esp. da Cent.	rpm	4050
	vel. dif	7,5
	Torque	0,8
Resultados teóricos da Cent.	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,220
	$Q_{lama} (m^3/h)$	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%
	Carga cent (kg/h)	230
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,78
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,800%
	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,288
	$Q_{lama} (m^3/h)$	36
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,800%
	carga esp. (kg/h)	324
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,44

Anexo XIX – Ensaio 13

Tabela 4-16 Dados do Ensaio 13

Amostras		
1		
Data		25-5-11 17:00
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom
	% lama Estab.	0,800%
	% lama esp.	3,50%
	% MS	20,1%
Esp. da Cent.	rpm	4050
	vel. dif	8
	Torque	0,8
Resultados teóricos da Cent.	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,220
	$Q_{lama} (m^3/h)$	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%
	Carga cent (kg/h)	175
	Dose PE (kg/ton _{MS})	6,29
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,700%
	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,245
	$Q_{lama} (m^3/h)$	35,0
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,700%
	carga esp. (kg/h)	280
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,38

Anexo XX – Ensaio 14

Tabela 4-17 Dados do Ensaio 14

		Amostras		média
Data		1 26-5-10 14:45	2 26-5-10 17:24	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1% Bom	1% Bom	1%
	% lama Estab.	0,987%	1,100%	1,044%
	% lama esp.	3,20%	3,70%	3,45%
	% MS	20,3%	19,6%	20,0%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050
	vel. dif	7	8	8
	Torque	0,7	0,7	0,70
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,220	0,220	0,220
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%	4,40%	4,4%
	Carga cent (kg/h)	160	185	172,5
	Dose PE (kg/ton _{MS})	6,88	5,95	6,41
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,900%	0,900%	0,9%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,288	0,288	0,288
	Q_{lama} (m ³ /h)	32	32	32
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,900%	0,900%	0,900%
	carga esp. (kg/h)	316	352	333,9
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,56	4,09	4,33

Anexo XXI – Ensaio 15

Tabela 4-18 Dados do Ensaio 15

		Amostras			média
Data		1	2	3	
		27-5-11 17:49	28-5-11 10:45	28-5-11 12:31	
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	% lama Estab.	1,294%	0,961%	0,961%	1,072%
	% lama esp.	3,50%	4,20%	3,60%	3,77%
	% MS	19,7%	20,3%	20,1%	20,0%
Esp. da Cent.	rpm	4050	4050	4050	4050
	vel. dif	8	8	8	8
	Torque	0,77	0,81	0,74	0,77
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,220	0,220	0,220	0,220
	Q_{lama} (m ³ /h)	5	5	5	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%	4,40%	4,40%	4,4%
	Carga cent (kg/h)	175	210	180	188,3
	Dose PE (kg/ton _{MS})	6,29	5,24	6,11	5,88
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,900%	0,860%	0,750%	0,8%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,315	0,301	0,263	0,293
	Q_{lama} (m ³ /h)	35	35	35	35
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,900%	0,860%	0,750%	0,837%
	carga esp. (kg/h)	453	336	336	375,2
	Dose PE (kg/ton _{MS})	3,48	4,47	3,90	3,95

Anexo XXII – Ensaio 16

Tabela 4-19 Dados do Ensaio 16

Amostras		
1		
Data		31-5-10 15:20
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom
	% lama Estab.	0,724%
	% lama esp.	4,80%
	% MS	20,0%
Esp. da Cent.	rpm	4050
	vel. dif	8
	Torque	0,6
Resultados teóricos da Cent.	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,220
	$Q_{lama} (m^3/h)$	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%
	Carga cent (kg/h)	240
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,58
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,580%
	$Q_{PE} (m^3/h)$	0,203
	$Q_{lama} (m^3/h)$	35
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,580%
	carga esp. (kg/h)	253
	Dose PE (kg/ton _{MS})	4,01

Anexo XXIII – Ensaio 17

Tabela 4-20 Dados do Ensaio 17

		Amostras
		1
Data		1-6-10 17:00
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom
	% lama Estab.	0,900%
	% lama esp.	3,00%
	% MS	20,1%
Esp. da Cent.	rpm	4050
	vel. dif	8
	Torque	0,7
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,220
	Q_{lama} (m ³ /h)	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%
	Carga cent (kg/h)	150
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,33
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,600%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,210
	Q_{lama} (m ³ /h)	35
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,600%
	carga esp. (kg/h)	315
	Dose PE (kg/ton _{MS})	3,33

Anexo XXIV – Ensaio 18

Tabela 4-21 Dados do Ensaio 18

		Amostra 1
Data		2-6-10 17:40
Análises das amostras	% Conc. PE drenados	1,0% Bom
	% lama Estab.	0,900%
	% lama esp.	3,0%
	% MS	20,4%
Esp. da Cent.	rpm	4050
	vel. dif	8
	Torque	0,65
Resultados teóricos da Cent.	Q_{PE} (m ³ /h)	0,220
	Q_{lama} (m ³ /h)	5
	Q_{PE}/Q_{lama}	4,40%
	Carga cent (kg/h)	150
	Dose PE (kg/ton _{MS})	7,333
Resultados teóricos do espessador	% PE	0,600%
	Q_{PE} (m ³ /h)	0,210
	Q_{lama} (m ³ /h)	35
	Q_{PE}/Q_{lama}	0,600%
	carga esp. (kg/h)	315
	Dose PE (kg/ton _{MS})	3,333